

INTÉGRATION DU RISQUE DE TRANSITION CLIMATIQUE DANS L'ORSA D'UN ASSUREUR-VIE : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Auguste DERREAL

12/12/2023

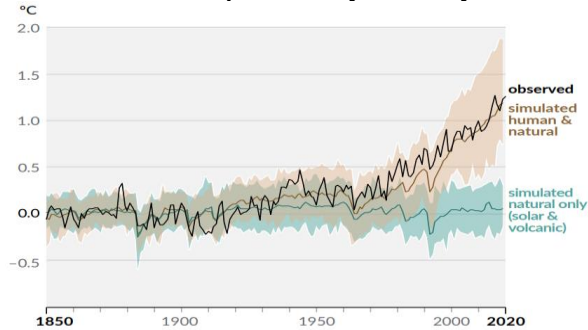
SOMMAIRE

- 1 • Contexte et cadre réglementaire de l'étude
- 2 • Les hypothèses des scénarios de transition
- 3 • Le Bêta Carbone
- 4 • La modélisation des chocs
- 5 • Conclusion

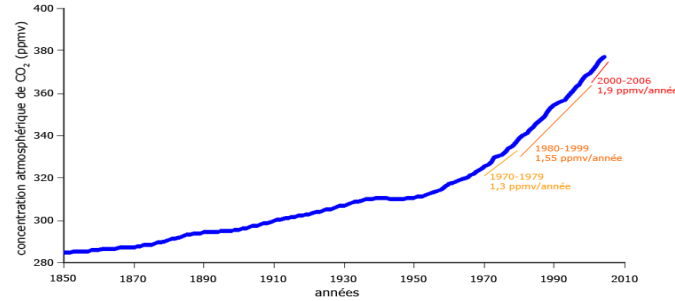
01

Contexte et cadre réglementaire de l'étude

➤ Le changement climatique : Enjeu majeur



Évolution de la température terrestre observée et simulée en utilisant des facteurs humains et naturels et uniquement naturels (1850-2020)



Évolution de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone entre 1850 et 2006

- Les risques climatiques se distinguent en deux catégories : les risques **physiques** et les risques de **transition** :
- **Le risque physique** mesure l'impact direct du changement climatique sur les personnes et les biens (sécheresses, inondations, épisodes climatiques extrêmes, etc.).
 - **Le risque de transition** résulte d'une transition de l'économie actuelle à une économie à basse émission carbone et résiliente aux événements climatiques.
- De nombreux superviseurs ont mis en place des *stress tests* climatiques pour prendre en compte ces risques émergents.

Solvabilité II et le processus ORSA

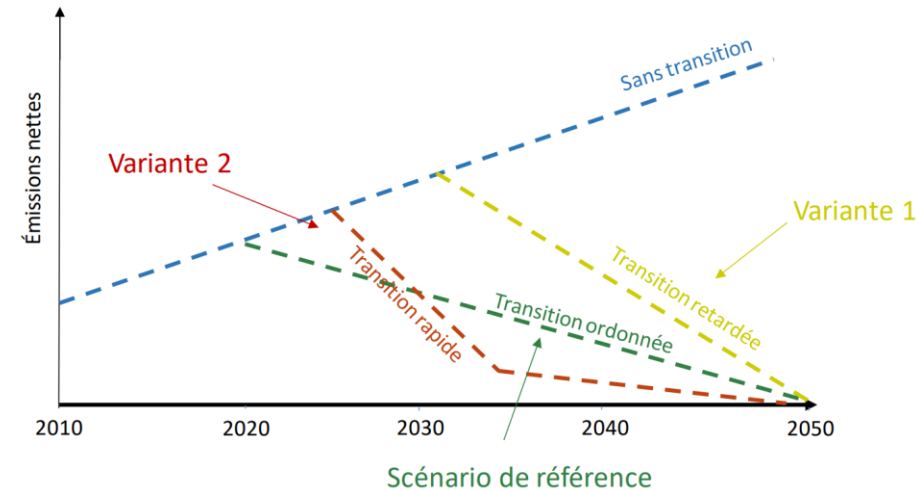
- Les organismes d'assurance européens soumis à la directive européenne **Solvabilité II**. Ils ont l'obligation d'effectuer un **ORSA** (*Own Risk Self Assessment*) qui correspond à un processus d'évaluation interne des risques et de la solvabilité.
 - Modification du Règlement Délégué pour intégrer les risques de **durabilité** dans l'ORSA en 2022.
 - En 2021, L'EIOPA ne décompte que **13%** des rapports intégrant une analyse des risques climatiques, dont la **majorité (68%)** ne contiennent que des analyses **qualitatives**.
 - L'EIOPA a déjà donné plusieurs avis sur la prise en compte des risques climatiques entre 2021 et 2022.
- ➔ **Objectif du mémoire : Identifier les méthodologies pour intégrer le risque de transition climatique dans l'ORSA.**
- ➔ **Nous nous focaliserons principalement sur les actifs du bilan des assureurs vie qui sont exposés au risque de transition climatique.**

02

Les hypothèses des scénarios de transition

Les scénarios climatiques du NGFS et de l'ACPR

- Différents scénarios sont proposés par le **NGFS**. Le **prix du carbone** est un des indicateurs utilisés dans la construction des scénarios et se base sur la fiscalité carbone :
 - **Taxe carbone** : La taxe carbone est une écotaxe qui associe un impôt à chaque tonne de CO₂ rejetée.
 - **Marché du carbone** : Un marché du carbone est un système d'échange de droits d'émissions de gaz à effet de serre, de quotas carbonés.
- Scénarios de l'exercice pilote de l'**ACPR** : 3 scénarios pour sensibiliser au risque de transition et un scénario pour sensibiliser au risque physique :
 - Scénario « *Business as usual* »
 - Une transition ordonnée
 - Une transition rapide
 - Une transition retardée



Evolution des émissions carbone nettes en fonction des scénarios de l'exercice pilote de l'ACPR

La construction des scénarios

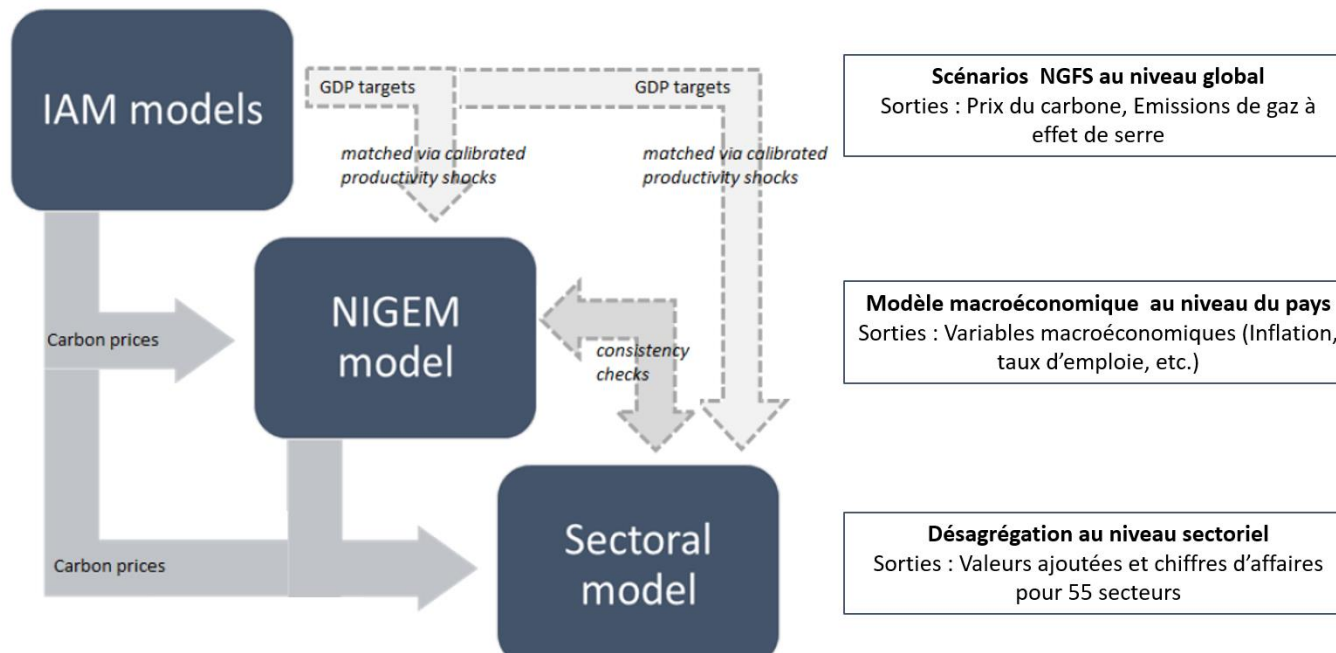
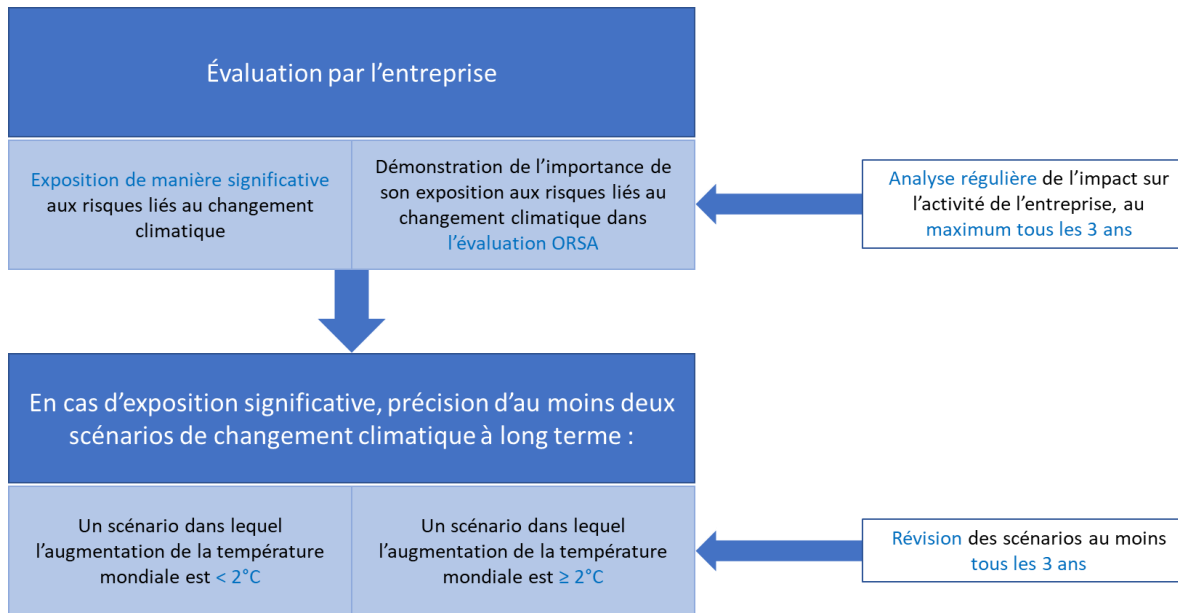


Schéma du principe de construction des scénarios climatiques de l'exercice pilote de l'ACPR

L'intégration du risque climatique dans l'ORSA



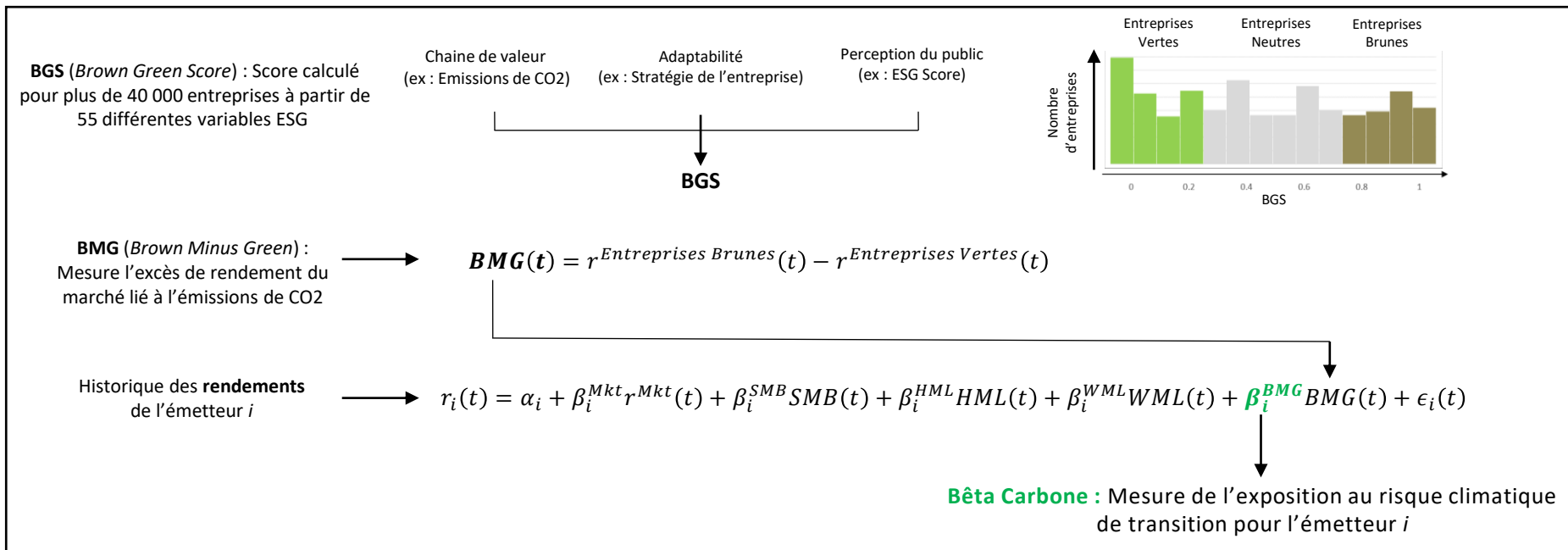
- Analyse de la **matérialité** des risques liés au changement climatique
- Problématiques liées à la prise en compte du risque de transition climatique :
 - **L'horizon de temps**
 - **La granularité de l'étude**

03

Le Bêta Carbone : une première métrique permettant de mesurer l'exposition au risque de transition climatique

Principe général

- Le **bêta carbone** est une première mesure du risque de transition introduit par le projet CARIMA et par Gørgen et al. (2020).
- Mesure d'**exposition** au risque de transition : corrélation du rendement avec la surperformance des actifs « bruns »



Les alternatives

- Limiter le nombre de facteur pour contourner le problème de **corrélation** entre les facteurs

$$r_{i,t} - r_t^f = \alpha_i + \beta_i^M r_t^M + \beta_i^{SMB} SMB_t + \beta_i^{HML} HML_t + \beta_i^{WML} WML_t + \beta_i^{BMG} BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

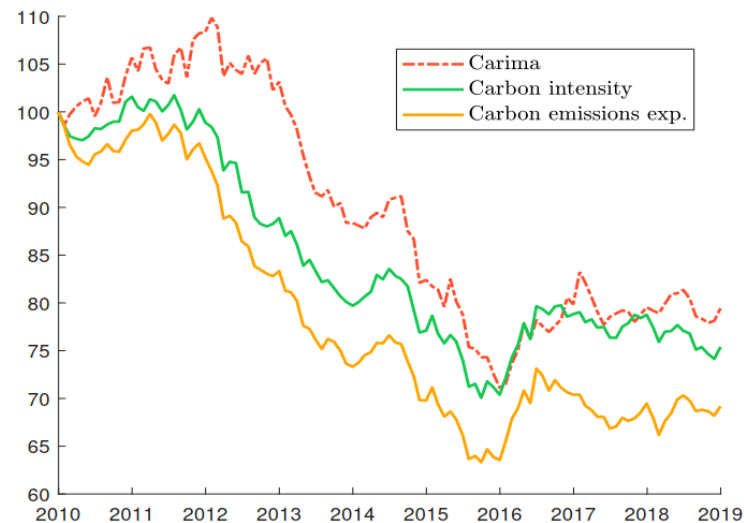


$$r_{i,t} - r_t^f = \alpha_i + \beta_i^M r_t^M + \beta_i^{BMG} BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

- Alternatives existantes pour **simplifier** la construction du score BGS et éviter le recours au proxy :
 - L'intensité carbone : Tonnes de CO_2 émises en fonction du chiffre d'affaires
 - L'exposition liée aux émissions carbonées
 - Les émissions carbonées par scope.

Factor	MKT	SMB	HML	WML	BMG
MKT	100,00***				
SMB	1,41	100,00***			
HML	11,51	-8,93	100,00***		
WML	-14,59	3,87	-41,43***	100,00***	
BMG	5,33	20,33**	27,41***	-21,28**	100,00***

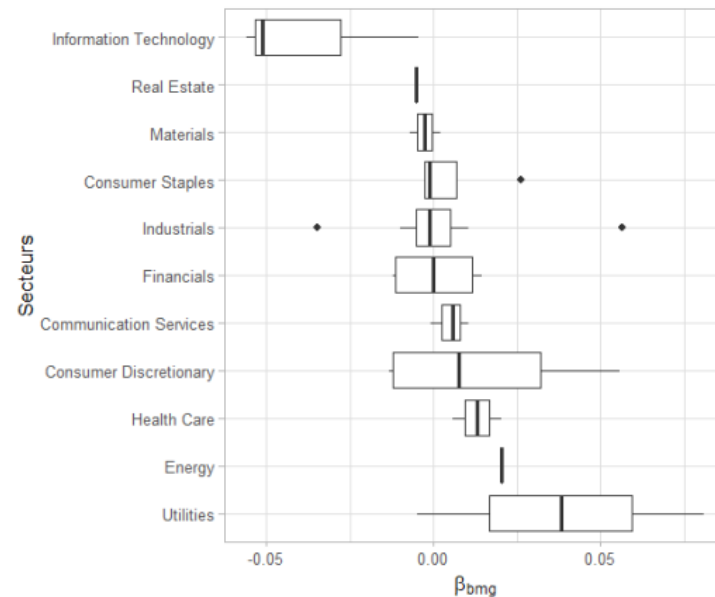
Corrélations entre les différents facteurs en % - Source : Gørgen et al. (2020)



Performances cumulées des différentes approches (sur l'indice MSCI World) – Source : Roncalli et al. (2020)

Résultats obtenus

- Bêta Carbone calculé pour les entreprises du CAC 40. Les entreprises ont été regroupées par secteur en utilisant la nomenclature GICS.
- Observations :
 - Secteurs sensibles : énergie et service aux collectivités
 - Forte **variabilité** intra-sectorielle
- Le calcul du Bêta Carbone pour un portefeuille d'actifs permet à une compagnie d'être **neutre** au risque de transition ou de saisir des **opportunités**.
 - ➔ Le Bêta Carbone est une **première mesure du risque de transition** et permet ensuite de se concentrer sur certains actifs détenus par une compagnie d'assurance exposé au risque de transitions.
 - ➔ Après l'analyse de cette métrique sur le portefeuille d'un assureur, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer une **analyse plus quantitative**.



Mesure relative, CAC 40

Bêta Carbone par secteur – Source : Germain (2022)

04

La modélisation des chocs liés au risque climatique de transition

1. Le risque action

Les modèles à dividendes actualisés (DDM)

- **Objectif** : Calibrer un choc à la maille **ligne-à-ligne** plutôt que **sectorielle**
- **Difficulté** : Pour calibrer un choc action, il est nécessaire de relier le prix d'action à la **diminution des bénéfices** d'une entreprise due à une **hausse de la fiscalité carbone**.

→ Recours à un **modèle de dividendes actualisés** permettant de calculer le prix d'une action P_t à partir des dividendes futurs D_t et du taux de rendement attendu par l'actionnaire $(k_e)_t$

$$P_t = \sum_{i=1}^{+\infty} D(t) \left(\prod_{j=1}^i \frac{1}{1 + k_e(t+j)} \right)$$

➤ Hypothèses supplémentaires :

- Les dividendes sont une fraction constante α des bénéfices B_t .
- Les bénéfices croissent à un taux $(g)_t$

$$P_t = \sum_{i=1}^{+\infty} \alpha B(t) \left(\prod_{j=1}^i \frac{1 + g(t+j)}{1 + k_e(t+j)} \right)$$

Méthodologie de mise en œuvre de chocs pour les actions

- Le calibrage du choc repose sur la **valorisation de l'action** en fonction de **l'évolution du prix du carbone**
- La hausse du prix du carbone entraîne une **diminution des bénéfices** de l'entreprise :

$$\underbrace{B^*(t+i)}_{\text{Bénéfices choqués}} = \underbrace{B(t+i)}_{\text{Bénéfices avant choc}} - \underbrace{\Delta CC(t+i)}_{\text{Augmentation du prix du carbone}} \times \underbrace{SCP(t+i)}_{\text{Emissions directes de GES}}$$

- D'où P^* le prix de l'action pour un scénario de transition et ϕ le choc action correspondant :

$$P_t^* = \sum_{i=1}^{+\infty} \alpha B^*(t+i) \left(\prod_{j=1}^i \frac{1}{1+k_e(t+j)} \right) \quad \text{et} \quad \phi_t = \frac{P^*(t) - P(t)}{P(t)}$$

Avantages	Limites
Modèle flexible Lien explicite du prix de l'action avec les bénéfices	Les bénéfices ne sont pas toujours corrélés aux dividendes

Les résultats obtenus

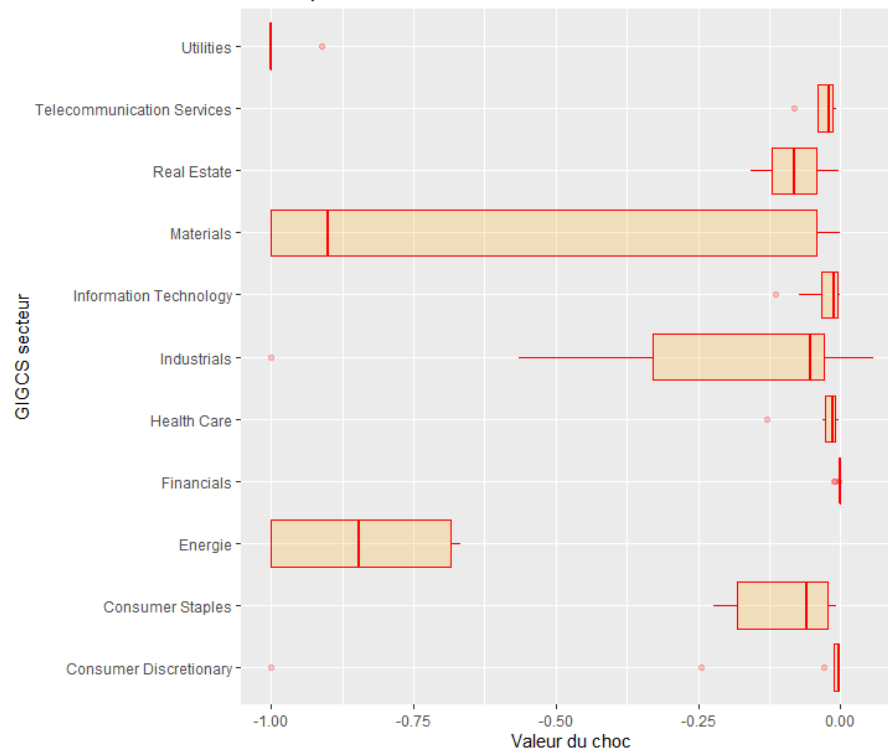
- Étude effectuée sur les entreprises du CAC40 et du S&P100 puis regroupées par secteur en utilisant la nomenclature GICS
- Calculs effectués pour les trois scénarios de transition de l'ACPR

Paramètres du modèle	Source
$(g)_t$: Bénéfices de l'entreprise	Croissance du PIB fourni dans l'exercice pilote de l'ACPR
$(\Delta CC)_t$: Prix du carbone	Exercice pilote de l'ACPR
$(SCP)_t$: Emissions des entreprises	Scope 1 fourni par Bloomberg
$(k_e)_t$: Taux de rendement attendu par l'actionnaire	Rendement moyen historique sur la période 2015-2019

➤ Observations :

- Secteurs exposés : énergie, matériaux, service aux collectivités
- Forte **variabilité intra-sectorielle**.

Chocs pour une transition accélérée en 2050



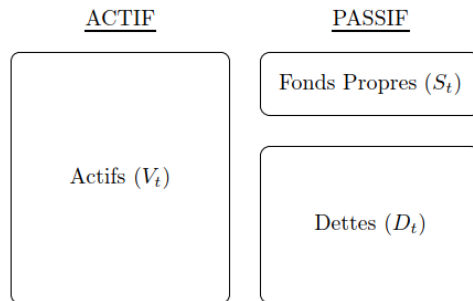
04

La modélisation des chocs liés au risque
climatique de transition

2. Les obligations d'entreprises

Le calcul d'un shift de probabilité

➤ Rappels sur le modèle de Merton



Structure d'une entreprise utilisée dans le modèle de Merton

- Les actifs suivent un brownien géométrique : $dV_t = V_t(\mu_v dt + \sigma_v dW_t)$
- La dette D_t est supposée être un zéro-coupon
- La probabilité de défaut est donnée par :

$$PD_{Merton} = P(V_T < D) = \Phi(-DD) \text{ avec la distance au défaut } DD = \frac{\ln \frac{V_t}{D} + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}$$

➤ Le calcul du choc déterministe sur les **actifs**

$$V_t^* = (1 - \xi)V_t \text{ avec } \xi \in [0,1] \text{ et } \xi = \frac{\Delta CC_t}{EBITDA_t} = \frac{Scope_1(t) \times \Delta \text{Prix Carbone}_t}{EBITDA_t}$$

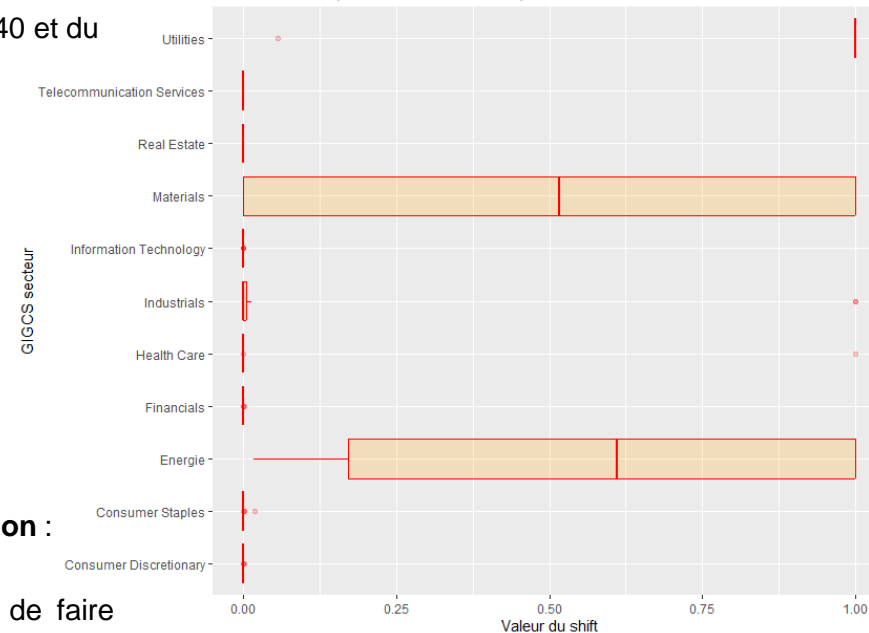
Le calcul d'un shift de probabilité

- Une première application a été effectuée pour les entreprises du CAC40 et du SP100

Paramètres du modèle	Source : Bloomberg
σ_v	Volatilité implicite
T	Maturité moyenne de la dette
D_T	Dette totale
$EBITDA_t$	EBITDA à la date 2022

- Les observations sont **similaires** à celles effectuées pour le **choc action** :
 - Secteurs exposés : énergie, matériaux, service aux collectivités
 - Forte **variabilité intra-sectorielle**. Cela souligne l'importance de faire une étude à une **maille plus fine**.
- Les limites de l'approche :
 - Le modèle de Merton comme nous l'utilisons ne permet pas de **répliquer** la probabilité de défaut de **modèle plus complexe**.

Calcul du shift pour une variation du prix du carbone de 700€



Calcul du shift de probabilité pour le S&P100 et le CAC40

Alternative de l'approche

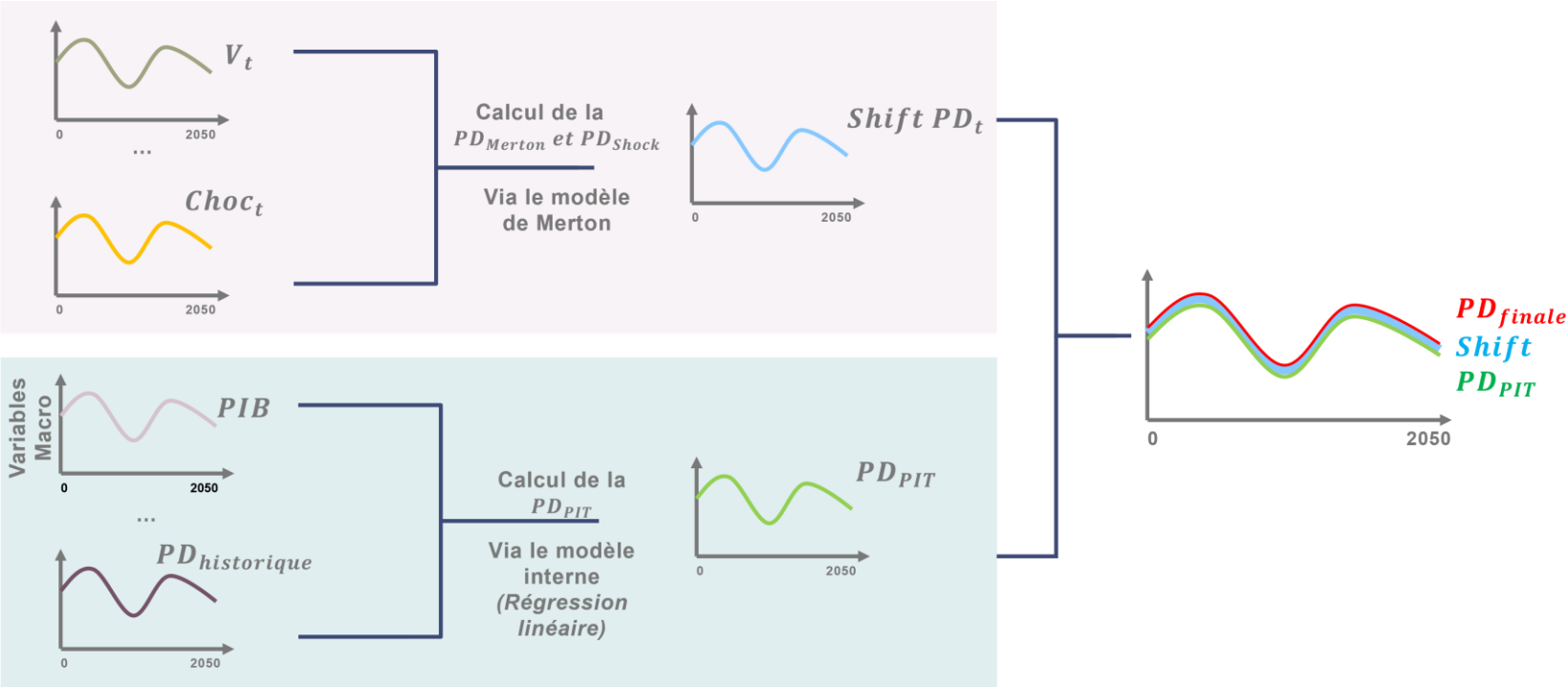


Schéma présentant l'intégration d'une hausse du prix du carbone dans le calcul de la probabilité de défaut d'une entreprise

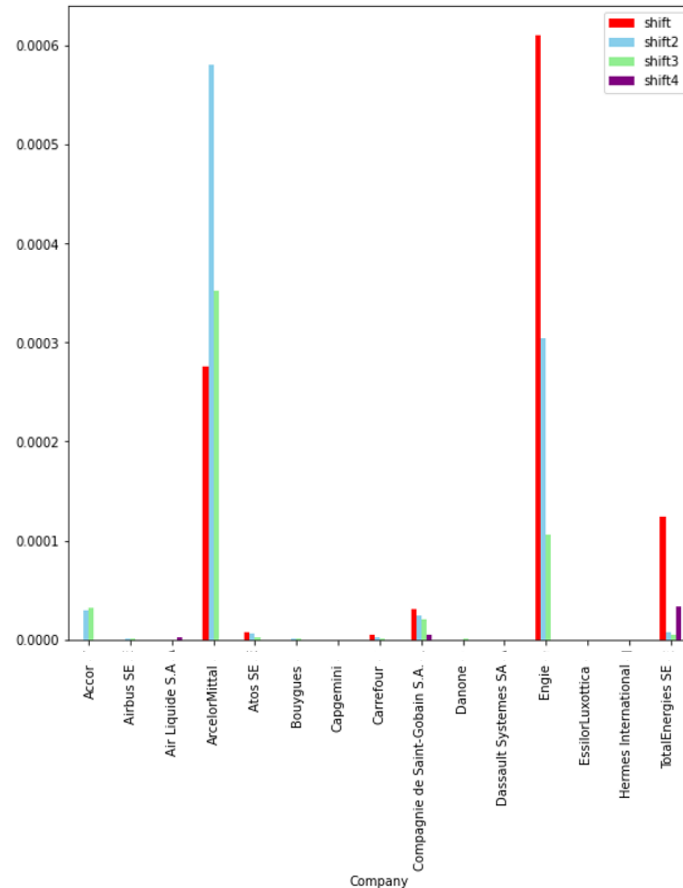
Les résultats obtenus

➤ Quatre visions testées :

Nom du cadre	Probabilité de défaut initiale	Actifs utilisés	Inputs Spécifiques
MF 1	$PD_{PIT} = PD_{Merton}$	Actifs de Merton	Volatilité de l'action
MF 2	$PD_{PIT} = PD_{DRSK}$	Actifs de Merton	PD_{DRSK}
MF 3	$PD_{PIT} = PD_{DRSK}$	Actifs réels	PD_{DRSK} Actifs réels
MF 4	$PD_{PIT} = PD_{Merton}$	Actifs réels	Volatilité de l'action Actifs réels

Synthèse des différents cadres utilisés

➤ Le choc a été calculé pour ces 4 cas avec une variation du prix du carbone de 100€. Le résultat est cohérent en fonction des activités des entreprises mais le choc est faible car la probabilité de défaut initiale et la variation du prix du carbone sont faibles.



Evolutions du shift en fonction de 4 approches

04

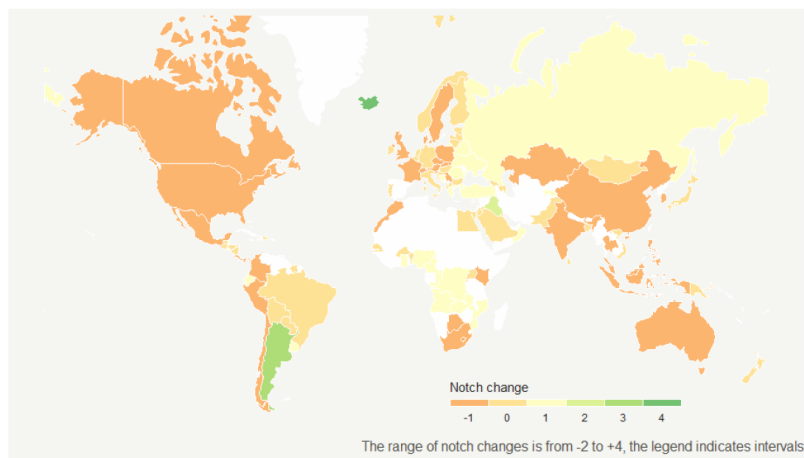
La modélisation des chocs liés au risque
climatique de transition

2. Les obligations d'entreprises

Principe général

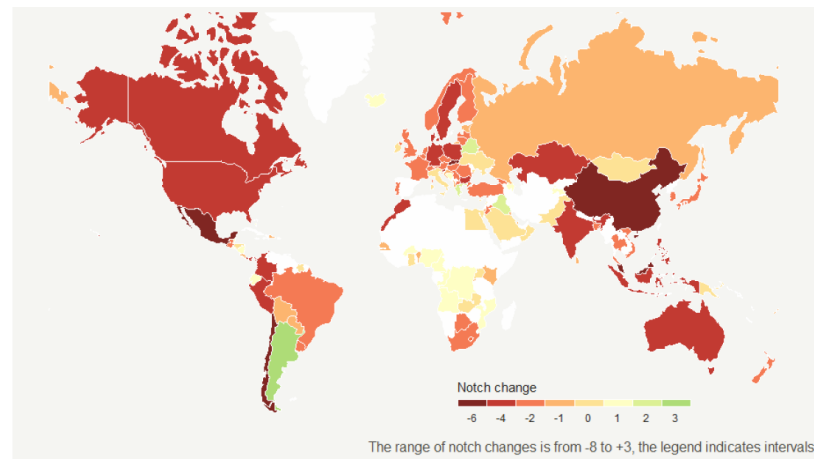
- Approche publiée par *Klusak et al. (2021)*. Cette approche permet de relier le *rating* crédit d'un pays en fonction de différentes **variables macroéconomiques** en utilisant des méthodes de **machine learning** (multi-classification ordonnée).
- Variables macroéconomiques utilisées : le logarithme du PIB par habitant, la croissance, Dette/PIB, Balance des paiements/PIB
- Base de données de 2009 à 2021 avec les *ratings* de **Standard & Poor's** et les données de la **Banque Mondiale** pour les variables macroéconomiques

Figure 7. Global climate-induced sovereign ratings changes (2100, RCP 2.6)



Changement de rating des pays dans le scénario où la température ne dépasse pas les 2°C – Source : *Klusak et al. (2021)*

Figure 8. Global climate-induced sovereign ratings changes (2100, RCP 8.5)



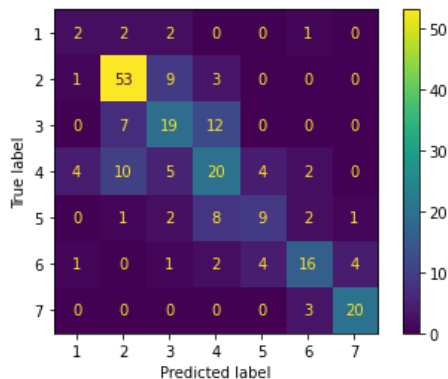
Changement de rating des pays dans le scénario où la température augmente de 2,6°C à 4,8°C – Source : *Klusak et al. (2021)*

Le calibrage du modèle

- Création de la base de données pour la phase d'apprentissage en utilisant des méthodes de stratification et d'*oversampling*
- Modèles utilisés : **XGBoost**, k plus proches voisins, *random forest*, arbres de décisions et classification à vecteurs supports

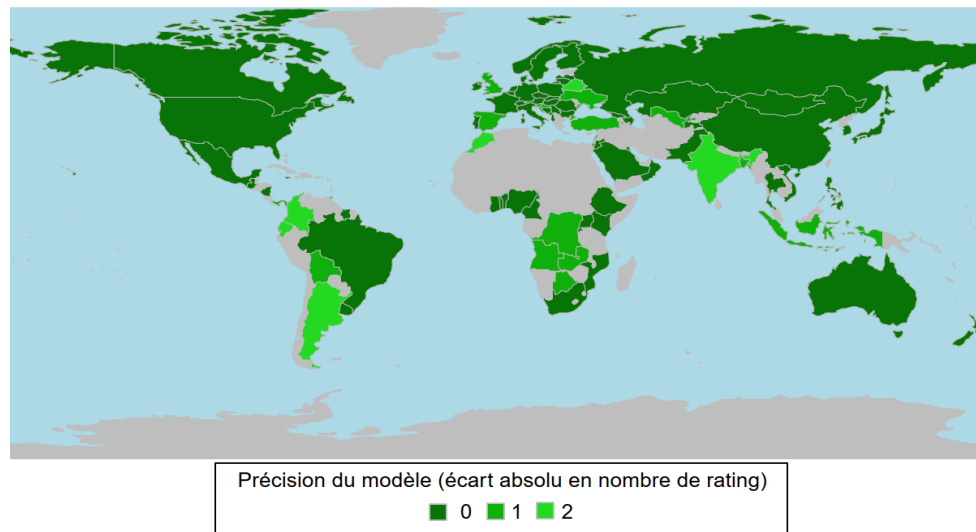
Modèle	Accuracy	cohen_kappa_score	matthews_corrcoef
XGBoost	0,71	0,64	0,64
KNeighbors	0,60	0,51	0,51
Random Forest	0,55	0,46	0,47
Decision Tree Classifier	0,56	0,47	0,48
SVM	0,61	0,51	0,51

Résultats des différentes métriques pour les modèles testés



Matrice de confusion pour le XGBoost

Précision prédictive de notre modèle de notation souveraine



Précision du modèle pour l'année 2019

Les résultats obtenus

- Nous avons ensuite utilisé les variables macroéconomiques fournis par l'ACPR lors de l'exercice pilote.
- Nous remarquons que les conséquences des scénarios de transition sur l'évolution du *rating* des obligations souveraines sont **faibles**.

Années	France	Italy	Belgium	Germany	Spain	United Kingdom	Netherlands	United States	Japan
2019	AA	BBB	AA	AAA	A	AA	AAA	AA	A
2025	AA	BBB	AAA	AAA	BBB	AA	AAA	BBB	BBB
2030	AA	BBB	AA	AAA	AA	AA	AA	BBB	BBB
2035	AA	BBB	AA	AAA	AA	BBB	AA	AA	BBB
2040	AA	BBB	AA	AAA	AA	BBB	AA	AA	BBB
2045	AA	AA	AA	AAA	AA	BBB	AA	AA	BBB
2050	AA	AA	AA	AAA	AAA	AA	AA	AA	BBB

Projection des ratings pour le scénario de transition ordonnée

- Cela s'explique principalement car les scénarios de transition proposés font l'hypothèse d'une **croissance certaine** sur le long terme.

Années	France	Italy	Belgium	Germany	Spain	United Kingdom	Netherlands	United States	Japan
2019	AA	BBB	AA	AAA	A	AA	AAA	AA	A
2025	AA	BBB	AAA	AA	BBB	AA	AA	BBB	BBB
2030	AA	BBB	AA	AAA	BBB	AA	AA	BBB	BBB
2035	AA	BBB	AA	AAA	BBB	BBB	AA	BBB	BBB
2040	AA	AAA	AA	AAA	AA	B	AA	AA	BBB
2045	AAA	AAA	AA	AAA	AA	BBB	AA	AA	BBB
2050	AA	AAA	AA	AAA	AA	BB	AA	AA	BBB

Projection des ratings pour le scénario de transition accélérée

- Limites :
 - Les critères de notation ne sont pas forcément **stables** dans le temps.
 - L'évolution des *ratings* des obligations souveraines ne suit pas toujours l'évolution des variables macroéconomiques.

05

Conclusion

Conclusion

- Ce mémoire présente différentes approches pour prendre en compte de manière quantitative le risque de transition dans le processus ORSA des compagnies d'assurance vie.
 - Nous avons aussi pu présenter une nouvelle métrique avec le **Bêta Carbone**. Cette mesure a une place particulière en tant que mesure de marché pour mesurer le risque de transition climatique d'une entreprise.
 - Les approches développées s'effectuent essentiellement à la **maille entreprise** et en utilisant une hausse du **prix du carbone** via la fiscalité carbone.
 - Ce sont des approches qui peuvent être **couteuses** d'un point de vue **opérationnel** mais qui sensibilisent réellement les compagnies d'assurance au risque de transition climatique et permettent une **analyse plus détaillée** que la maille sectorielle.
-
- Les scénarios considérés ont une place **non négligeable** dans l'analyse du risque de transition.
 - Afin de mieux appréhender ce risque nouveau, il est nécessaire de développer **l'accès à certaines données**.

06

Bibliographie

Bibliographie

- Germain, V. (2022). Prise en compte du changement climatique dans la modélisation des risques biométriques et financiers. Mémoire d'actuariat. Paris : ENSAE.
- Görgen, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M. et Wilkens, M. (2020). Carbon Risk.
- Görgen, M., Wilkens, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Wagner, B., Ohlsen, H. et Remer, S. (2019). Manual : Carbon Risks and Financed Emissions of Financial Assets and Portfolios.
- Roncalli, T., Guenedal, T. L., Lepetit, F., Roncalli, T. et Sekine, T. (2020). Measuring and Managing Carbon Risk in Investment Portfolios. url : <https://arxiv.org/abs/2008>.
- Ministère de la Transition énergétique (déc. 2021). Marchés du carbone. url : <https://www.ecologie.gouv.fr/marches-du-carbone>. 13198.
- Klusak, P., Agarwala, M., Burke, M., Kraemer, M. et Mohaddes, K. (mars 2021). Rising Temperatures, Falling Ratings: The Effect of Climate Change on Sovereign Creditworthiness. Cambridge Working Papers in Economics 2127. Faculty of Economics, University of Cambridge. url : <https://ideas.repec.org/p/cam/camdae/2127.html>.