



## Le « Cygne Vert » : les banques centrales à l'ère des risques climatiques

Le mandat de stabilité financière des banques centrales commence à être affecté par les risques liés au changement climatique. La prise en compte des risques extrêmes (physiques et de transition), qualifiés de « Cygnes Verts », dans la supervision de la stabilité financière est rendue particulièrement difficile par l'incertitude radicale, la non-linéarité et les effets de cascade qui leur sont associés. Les banques centrales peuvent contribuer à prévenir ces risques et à en atténuer les conséquences, notamment en développant des analyses de scénarios, mais celles-ci ne suffiront pas. Le changement climatique nécessite une action collective et des efforts de coordination sans précédent entre divers acteurs, comme l'exige actuellement la crise du Covid-19. L'article explore ainsi comment les banques centrales peuvent favoriser une telle coordination, et ce dans le cadre de leur mandat, en vue de réduire ces nouveaux risques écologiques et sanitaires.

**Patrick BOLTON**

Université de Columbia

**Morgan DESPRES**

Banque de France, direction de la Stabilité financière

**Luiz Awazu PEREIRA DA SILVA**

Banque des règlements internationaux

**Frédéric SAMAMA**

Amundi

**Romain SVARTZMAN**

Banque de France, direction de la Stabilité financière

Codes JEL

A12, D81,

E44, E58,

Q54, Q57

**70 %**

la proportion de pertes non assurées liées à des catastrophes naturelles, depuis 1980 (IAIS, 2018)

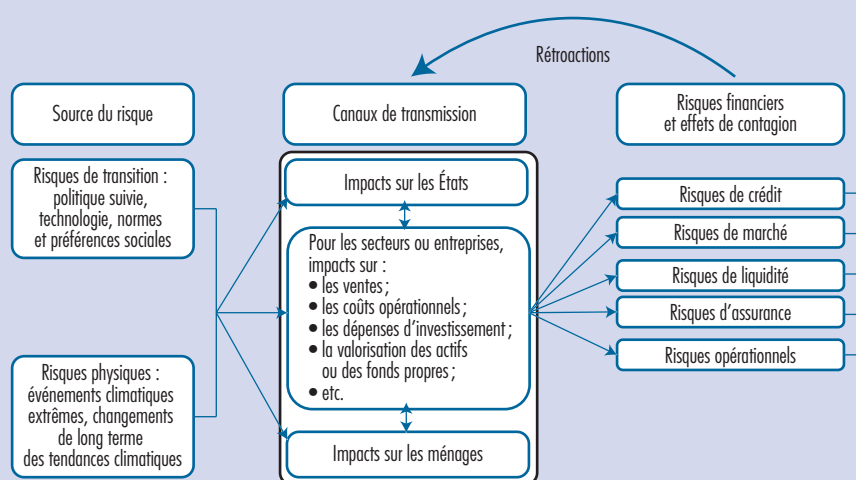
**80 %**

la part des réserves existantes de charbon devant être échouée (*stranded*) afin de limiter l'augmentation de la température moyenne à 2 °C (McGlade et Ekins, 2015)

**- 77 %**

la baisse du coût actualisé de l'énergie solaire photovoltaïque (en dollars américains/kWh), entre 2010 et 2018 (PNUE, 2019)

### Canaux de transmission des risques climatiques



Source : Bolton *et al.*, 2020.



### 1 Les « Cygnes Verts » : une nouvelle réalité pour les banques centrales

Depuis quelques années, la communauté des banques centrales, régulateurs et superviseurs financiers reconnaît la nécessité de faire face à un nouveau type de risque financier : les risques climatiques (Carney, 2015 ; NGFS, 2018, 2019). Alors que le réchauffement climatique s'accélère (IPCC, 2018) et que ses impacts sur les écosystèmes et les sociétés humaines augmentent (Masson-Delmotte et Moufouma-Okia, 2019), le pire est encore à venir, selon la communauté scientifique. Le changement climatique pourrait, par exemple, provoquer des conflits, générer des centaines de millions de réfugiés (Abel *et al.*, 2019), ainsi que des pandémies (Legendre *et al.*, 2015) potentiellement encore plus graves que celle du Covid-19. De tels événements pourraient anéantir les progrès réalisés en matière de réduction de la pauvreté (Conseil des droits de l'homme des Nations unies – *Human Rights Council*, 2019) et causer des « souffrances sans précédent », selon les termes utilisés par plus de 11 000 scientifiques (Ripple *et al.*, 2020).

#### Les risques physiques et de transition peuvent donner lieu à des « Cygnes Verts »

Ces impacts climatiques mettent en péril la stabilité de nos systèmes socioéconomiques et financiers, et peuvent influencer sur le mandat de stabilité financière des banques centrales<sup>1</sup> (NGFS, 2018). Deux grands types de risques financiers ont été identifiés : les risques physiques et les risques de transition.

**Les risques physiques** incluent les pertes économiques et financières liées à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (tels que les ouragans ou les inondations) ainsi qu'aux changements de long terme des tendances climatiques (telles que l'augmentation du niveau de la mer). Par exemple, les pertes non assurées, qui représentent 70% du total des pertes liées aux catastrophes naturelles depuis 1980 (IAIS, 2018), pourraient fragiliser la solvabilité des ménages, des entreprises et des gouvernements, et donc

des institutions financières qui y sont exposées. Les risques physiques pourraient par ailleurs donner lieu à des catastrophes extrêmes (Weitzman, 2011), qui dégraderaient durement le bilan des acteurs économiques et financiers.

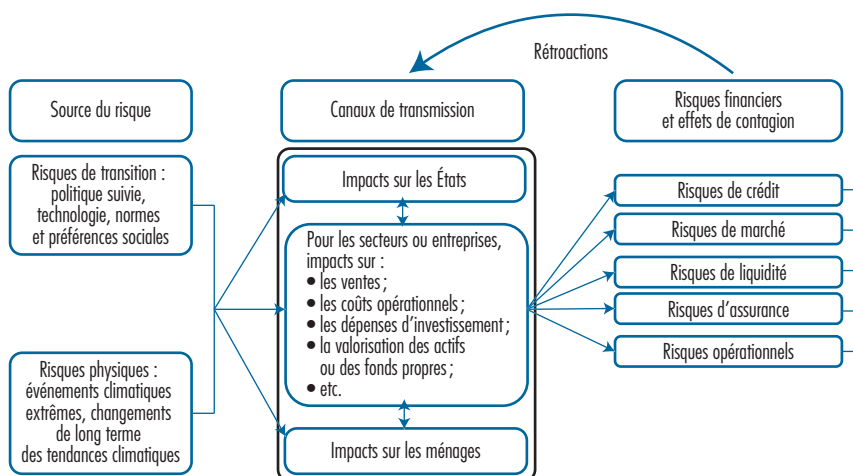
Une transition rapide et ambitieuse vers une économie bas-carbone permettrait d'écartier les pires risques physiques, mais en introduirait d'autres : **les risques de transition**. Ceux-ci découlent des conséquences financières des politiques publiques, des ruptures ou freins technologiques, ou encore des modifications des normes sociales et préférences individuelles liées à des activités carbonées. Limiter l'augmentation de la température moyenne à 1,5 °C ou 2 °C suppose notamment qu'une grande partie des réserves existantes de ressources fossiles (par exemple, jusqu'à 80% des réserves existantes de charbon selon McGlade et Ekins – 2015) ne soit pas extraite. Cela en ferait des « actifs échoués » (*stranded assets*). Ces réserves pourraient alors rapidement perdre toute valeur, ce qui déclencherait des ventes massives et au rabais (*fire sales*) aux effets potentiellement systémiques (Pereira da Silva, 2019).

Les risques physiques et de transition peuvent se matérialiser de différentes manières, et générer différents effets de contagion et de second tour (cf. schéma 1). Dans Bolton *et al.* (2020), nous avançons que ces phénomènes pourraient donner lieu à des événements climatiques suffisamment extrêmes pour déclencher une crise systémique, événements qualifiés de « Cygnes Verts » (cf. encadré 1). Les « Cygnes Verts » ne désignent pas seulement des risques climatiques mais également un ensemble de risques écologiques. En ce sens, la crise actuelle du Covid-19 peut être considérée comme un « Cygne Vert » dans la mesure où elle semble avoir des liens forts avec l'érosion de la biodiversité et soulève des questions systémiques. Par ailleurs, les « Cygnes Verts » posent la question de la « tragédie de l'horizon » soulevée par Mark Carney (2015) : alors que l'horizon temporel des acteurs économiques et financiers s'inscrit dans le court terme, la transition écologique nécessite d'intégrer le long terme dans les processus de gestion des risques.

<sup>1</sup> Le changement climatique peut également influencer sur le mandat de stabilité des prix, notamment en créant des chocs d'offre stagflationnistes (Villeroy de Galhau, 2019).



### S1 Canaux de transmission et de contagion des risques physiques et de transition



Source : Bolton *et al.*, 2020.

#### Définition du « Cygne Vert »

Le concept de « Cygne Vert » fait pendant à celui désormais célèbre de « Cygne Noir » développé par Nassim Nicholas Taleb (Taleb, 2007). Les « Cygnes Noirs » ont trois caractéristiques : i) ils sont inattendus au regard des événements passés ; ii) leurs impacts sont considérables, voire extrêmes ; iii) ils sont rationalisés par des cadres conceptuels développés *ex post* (rationalisation rétrospective). Outre ces trois caractéristiques, les « Cygnes Verts » intègrent deux éléments de gravité supplémentaires. Premièrement, il est désormais quasiment certain que ces risques climatiques se matérialiseront, même s'il existe une incertitude profonde quant aux manières, moments et lieux où ils se manifesteront. La communauté scientifique s'accorde en effet sur le fait qu'en continuant à augmenter les émissions de gaz à effet de serre, nous prenons des « paris trop risqués » (Lenton *et al.*, 2019) qui peuvent se retourner contre nous. Deuxièmement, les « Cygnes Verts » pourraient s'avérer de nature encore plus extrême que les « Cygnes Noirs », car ils sont irréversibles et potentiellement civilisationnels, et demandent donc une réponse systémique (Ripple *et al.*, 2020). Cela les distingue d'un simple choc dont on pourrait se remettre à plus ou moins long terme.

#### Première rupture épistémologique dans la gestion du risque systémique

Face au risque de déstabilisation systémique, les banques centrales, superviseurs et régulateurs financiers doivent donc « intégrer les risques liés au climat dans le suivi de la stabilité financière et la supervision microprudentielle » (NGFS, 2019, p. 4). En d'autres termes, il s'agit d'identifier les risques climatiques afin de répondre à la « tragédie de l'horizon ».

Cependant, cette intégration des risques climatiques dans la supervision de la stabilité financière et dans la régulation prudentielle pose un défi majeur : les approches traditionnelles du risque, fondées sur des données historiques et sur des hypothèses de distribution normales, aboutiront nécessairement à une mauvaise appréciation des risques climatiques (Dépoues *et al.*, 2019), et ce, pour deux raisons principales. D'abord, les données passées ne permettent pas de détecter la plupart des risques climatiques : les risques physiques commencent tout juste à se matérialiser (augmentation récente du nombre et de l'intensité des catastrophes naturelles), et les risques de transition restent faibles du fait du manque d'ambition politique en ce domaine au niveau mondial. Ensuite, les risques climatiques ont tendance à ne pas suivre des distributions « normales » et peuvent donner lieu à des valeurs extrêmes (Weitzman, 2011), se situant



en dehors des probabilités retenues dans les outils habituels de gestion du risque.

Cette situation peut être caractérisée comme un obstacle **épistémologique** (Bachelard, 1938). Autrement dit, certaines méthodes scientifiques, bien qu'appropriées dans certains contextes, peuvent devenir problématiques et empêcher tout progrès scientifique dans d'autres contextes qui demandent une nouvelle approche, voire une redéfinition du problème (ou une rupture épistémologique). Dans le cas présent, c'est le concept même de risque qu'il s'agit de réinterpréter si l'on souhaite être en mesure d'appréhender la dimension systémique des risques climatiques.

Cette rupture épistémologique semble être en cours dans la communauté financière (Pereira da Silva, 2019) : de nouvelles méthodologies se développent pour mieux identifier les risques climatiques. Elles reposent sur des analyses de scénarios, qui utilisent des hypothèses plausibles pour le futur, sans pour autant leur attribuer des probabilités de concrétisation.

Les banques centrales et les superviseurs s'accordent désormais sur la nécessité de recourir à cette approche par scénarios, avec deux applications réglementaires possibles. D'abord, l'analyse de scénarios climatiques pourrait être intégrée dans les tests de résistance (ou *stress tests*) visant à évaluer la capacité des institutions financières à faire face à un scénario macro-financier contraire. Des banques centrales et superviseurs financiers ont déjà commencé à mettre au point des méthodologies en vue de tels tests (Allen *et al.*, 2020 ; Autorité de régulation prudentielle de la Banque d'Angleterre, 2019 ; Vermeulen *et al.*, 2019). Deuxièmement, l'analyse par scénarios pourrait être systématiquement utilisée dans la supervision microprudentielle. Par exemple, certains pays, et notamment des économies émergentes (Dikau et Ryan-Collins, 2017), ont défini des attentes en matière de gestion des risques climatiques à l'égard des banques et des compagnies d'assurance (FEBRABAN, 2014). D'autres pays, à l'image de la France (loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, 2015), ont également introduit de nouvelles exigences en matière de communication sur les risques climatiques.

## 2 Comment intégrer le risque climatique dans les scénarios : le problème de l'incertitude radicale

Bien que les analyses de scénarios soient essentielles, elles ne pourront suffire à gérer les risques systémiques posés par le changement climatique. Cela est dû au fait que l'incertitude radicale liée aux impacts du changement climatique (risques physiques) et à son atténuation (risques de transition) ne peut être « résolue » ou levée par de seules analyses de scénarios (Chenet *et al.*, 2019). De nouvelles approches plus holistiques du risque s'avèrent nécessaires (cf. section 3).

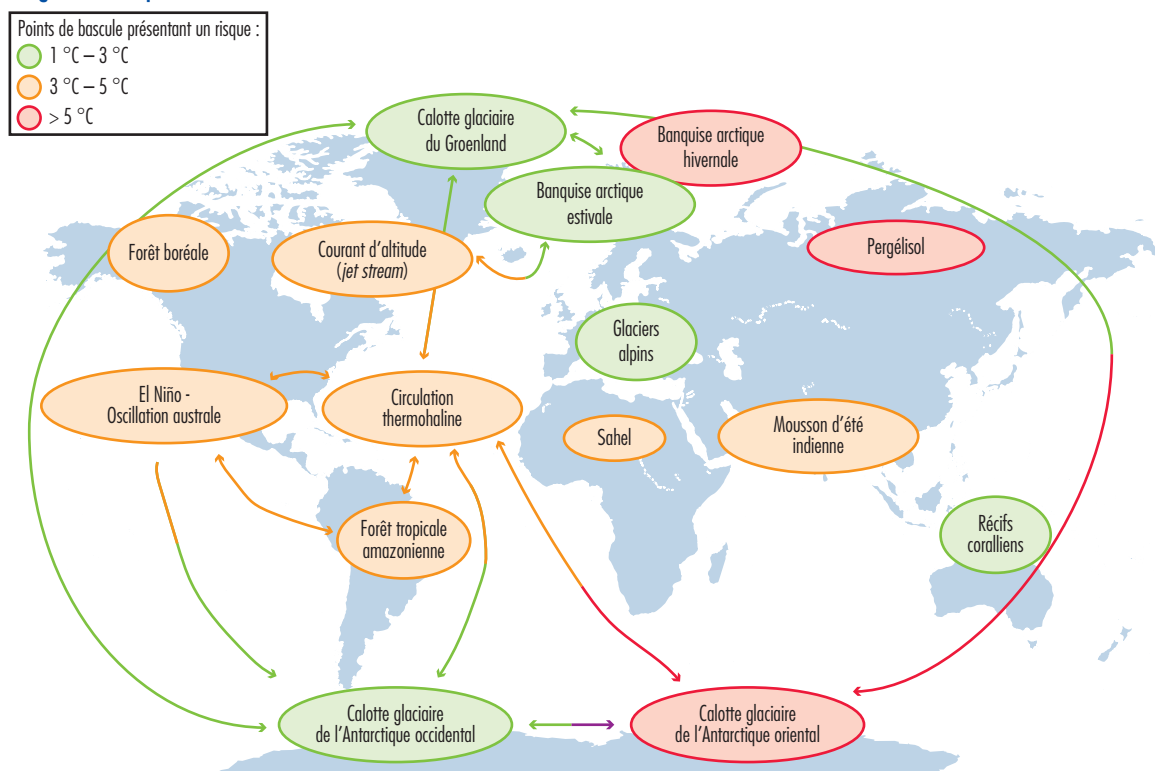
### Les incertitudes liées aux impacts physiques du changement climatique

En ce qui concerne les risques physiques, les principales sources d'incertitude concernent :

- les processus biogéochimiques potentiellement déclenchés par le changement climatique. Des points de bascule (*tipping points*) existent au sein des écosystèmes de la planète, mais restent difficiles à estimer avec précision (cf. schéma 2), et le fait de les dépasser peut générer des réactions en cascade sur d'autres processus biogéochimiques, rendant l'analyse des risques encore plus difficile (Lenton *et al.*, 2019 ; Steffen *et al.*, 2018). Par exemple, des processus aussi distants géographiquement que la régénération de la forêt amazonienne et de la calotte glaciaire du Groenland peuvent s'avérer interdépendants (cf. schéma 2) ;
- les impacts socioéconomiques de ces processus biogéochimiques. De nombreuses réactions en cascade peuvent également avoir lieu entre écosystèmes et systèmes humains, impliquant des dimensions sociales et géopolitiques (Valantin, 2017) particulièrement difficiles à anticiper. Par exemple, le changement climatique pourrait générer des migrations de masse et des conflits (Abel *et al.*, 2019). Ceux-ci pourraient perturber le développement à travers le monde, mais leur probabilité d'occurrence et leurs impacts restent impossibles à mesurer de manière précise et avec confiance.



### S2 Carte globale des points de bascule



Source : Steffen *et al.* (2018).

Au vu de ces considérations, il apparaît notamment que les fonctions de dommages utilisées par les modèles économie-climat (*integrated assessment models – IAM*), correspondant aux coûts du changement climatique, capturent mal les risques climatiques extrêmes (Calel *et al.*, 2015). Le paramétrage de la fonction de dommages futurs et les taux d'actualisation choisis peuvent de fait fournir « presque tous les résultats souhaités » (Pindyck, 2013, p. 5) et aboutir à des recommandations « extrêmement trompeuses » (Stern, 2016). De telles incertitudes incitent donc à interpréter toute estimation des risques physiques avec de grandes précautions (Alestra *et al.*, 2020).

### Les incertitudes liées à la transition bas-carbone

En ce qui concerne les risques de transition, l'une des principales sources d'incertitude concerne l'utilisation générale des prix du carbone dans les IAM comme indicateur unique de la transition. Cette hypothèse tend à ignorer de nombreuses forces sociales et politiques qui peuvent influencer la façon dont le monde évolue

(IPCC, 2014, p. 422). En effet, d'un point de vue historique, l'évolution des utilisations d'énergie primaire dans le passé a répondu à une variété de considérations technologiques, géopolitiques et institutionnelles qui ne peuvent être réduites à une question de prix relatifs (Pearson et Foxon, 2012). Afin de dépasser les limites liées aux IAM, certaines analyses de scénarios reposent sur des modèles « technologiques », et principalement sur les scénarios développés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

Cependant, qu'elles reposent sur des IAM ou sur des modèles technologiques, les analyses de scénarios doivent faire face à de nombreuses sources d'incertitude. En particulier, les technologies qui s'imposeront dans un monde bas-carbone restent très incertaines (Barreto et Kemp, 2008). Ainsi, certains scénarios reposent sur le développement rapide des technologies bas-carbone pour répondre à la demande croissante d'énergie (AIE, 2017); d'autres se concentrent sur la réduction de cette même demande d'énergie, qui pourrait être permise par l'efficacité énergétique, mais également





par une plus grande sobriété dans nos modes de vie (NégaWatt, 2018) ; et d'autres encore attribuent une place cruciale aux technologies d'émission négative et de capture et stockage du carbone, bien que celles-ci soient loin d'être matures (cf. annexe 1). L'incertitude est également forte quant aux coûts de ces futures technologies (*ibid.*), ce qui rend encore plus difficile l'évaluation des risques et opportunités liés à la transition.

Par ailleurs, l'intégration des risques de transition ne peut se limiter à une analyse macroéconomique et sectorielle : la vulnérabilité d'une entreprise aux risques climatiques ne dépend pas seulement de son exposition (celle-ci pouvant être relativement similaire pour différentes entreprises d'un même secteur), mais également de sa capacité d'adaptation à un scénario spécifique, et ce tout au long de sa chaîne de valeur. Une entreprise peut notamment être exposée aux risques climatiques via : i) ses émissions directes dites de « scope 1 » (particulièrement importantes dans des secteurs comme l'aviation ou l'industrie chimique) ; ii) les émissions dites de « scope 2 » résultant de l'énergie utilisée (par exemple, les industries à forte intensité énergétique) ; et iii) d'autres émissions liées à l'ensemble de sa chaîne de valeur en amont et en aval, dites de « scope 3 ». Pour l'industrie automobile, par exemple, la principale source de risques ne réside pas tant dans les émissions liées à la fabrication (scope 1) ou à ses sources d'énergie (scope 2), que dans la combustion de carbone par les utilisateurs finaux (scope 3).

Cependant, l'évaluation des risques au sein de ces chaînes de valeur et les effets de cascade potentiels entre entreprises et secteurs (Cahen-Fourot *et al.*, 2020) restent extrêmement difficiles à anticiper, car sujets à de multiples hypothèses (capacité à répercuter une hausse des coûts en amont ou en aval, nouvelles technologies, etc.).

Avec toutes ces sources d'incertitude réunies, il n'est alors pas surprenant que les différentes estimations de la valeur des actifs échoués donnent lieu à des résultats très différents (Carbon Tracker, 2018 ; IRENA, 2017).

### Intégrer de nouvelles approches

Nous avons mis en évidence que, quelle que soit l'approche retenue, la mesure des risques climatiques présente des défis méthodologiques importants. Du fait de ces limitations, deux voies principales sont généralement proposées. Nous soutenons ici qu'elles devraient être poursuivies en parallèle plutôt que de manière exclusive.

Premièrement, les banques centrales et les autorités de surveillance pourraient explorer différentes approches qui tiennent compte de l'incertitude et de la non-linéarité liées aux risques climatiques. Par exemple, Mercure *et al.* (2019) estiment que contrairement aux modèles d'équilibre général, les modèles dynamiques (ou de déséquilibre) sont plus à même d'intégrer les grandes tendances d'une transition bas-carbone, telles que les dépendances au sentier<sup>2</sup> (Monasterolo *et al.*, 2019), le rôle du secteur monétaire et financier (Dafermos *et al.*, 2017) ou encore celui de l'énergie (*The Shift Project* et IFPEN, 2019). Des approches ad hoc permettant de mieux capturer les effets de cascade générés par les risques physiques (Hildén *et al.*, 2020) et de transition seront également essentielles. Néanmoins, le pouvoir descriptif et normatif de ces approches reste limité par les sources d'incertitude radicale liées au changement climatique, évoquées ci-dessus. Autrement dit, bien que les modèles économie-climat et l'analyse prospective des risques climatiques puissent encore être améliorés, l'incertitude est telle qu'ils ne peuvent suffire à fournir toutes les informations nécessaires pour se protéger contre les « Cygnes Verts ».

Par conséquent, la deuxième voie proposée consiste à dépasser les approches fondées strictement sur le risque et à intégrer pleinement l'incertitude radicale à laquelle nous faisons face. Cela revient, par exemple, à mettre en avant le principe de précaution<sup>3</sup> (Aglietta et Espagne, 2016 ; Chenet *et al.*, 2019 ; Svartzman *et al.*, 2019). La question de la prise de décision en cas d'incertitude radicale en économie (Keynes, 1936)

<sup>2</sup> La dépendance au sentier ou dépendance au chemin emprunté (*path dependence*) est une théorie expliquant comment les décisions prises par le passé peuvent influencer les décisions futures. Par exemple, une taxe carbone peut s'avérer insuffisante pour promouvoir les transports en commun en zone urbaine, lorsque les décisions d'aménagement du territoire par le passé ont consacré l'étalement urbain et l'utilisation de la voiture individuelle comme mode principal de déplacement.

<sup>3</sup> Le principe de précaution est utilisé, notamment dans le domaine de l'environnement, pour justifier des mesures discrétionnaires dans des situations où, s'il existe un risque de nuire au public, ce risque ne peut être pleinement compris du fait de l'incertitude scientifique en la matière.



fait son retour depuis la crise financière de 2007-2008 (Webb *et al.*, 2017), et semble prendre encore plus d'importance dans le cas de crises environnementales et sanitaires telles que celle qui est liée au Covid-19. Selon l'ancien gouverneur de la Banque d'Angleterre Mervyn King, intégrer le concept d'incertitude radicale doit notamment mener à développer des stratégies globales visant à renforcer la résilience et la robustesse du système, plutôt qu'à gérer chaque risque séparément (King, 2016).

Une seconde « rupture épistémologique » serait alors nécessaire pour aborder le rôle des banques centrales, des régulateurs et des superviseurs face à l'incertitude climatique. Celle-ci consisterait à passer d'une position de gestion des risques à une position cherchant à renforcer la résilience de systèmes socio-écologiques complexes (Schoon et Van der Leeuw, 2015), qui seront impactés d'une manière ou d'une autre par les risques climatiques. En particulier, nous soutenons ci-dessous que les efforts actuels visant à mesurer, gérer et superviser les risques climatiques ne seront utiles que :

- i) s'ils prennent place dans un environnement institutionnel impliquant une forte coordination entre acteurs publics et privés ; et
- ii) s'ils donnent lieu à de nouvelles approches théoriques visant à mieux comprendre les relations complexes entre système économique et écosystèmes.

### 3 Vers la résilience des systèmes socio-écologiques

#### La coordination comme stratégie de gestion du risque

Reconnaître les limites des approches fondées sur les risques et intégrer l'incertitude radicale suggère que les banques centrales pourraient inévitablement être entraînées sur des terrains inconnus à l'ère des risques climatiques. D'une part, elles ne peuvent se contenter de développer des scénarios en attendant que des agences gouvernementales passent à l'action : cela pourrait exposer les banques centrales au risque réel de ne pas pouvoir garantir leur mandat de stabilité financière. En effet, dans le cas d'économies qui ne sont plus viables à cause du changement climatique, la marge de manœuvre

des banques centrales pourrait s'avérer fortement limitée (Bolton *et al.*, 2020). D'un autre côté, les banques centrales ne peuvent pas, quelles que soient les attentes, se substituer aux politiques publiques (d'ordre budgétaire, fiscal, industriel, d'aménagement du territoire, etc.), qui ont un rôle primordial à jouer en matière climatique (Volz, 2017).

Pour sortir de cette impasse, nous défendons une troisième position : sans préjudice de ce qui incombe aux décideurs politiques, les banques centrales se doivent de jouer un rôle proactif en appelant à un changement plus large et coordonné, afin de continuer à remplir leurs propres mandats de stabilité financière dans un contexte d'incertitude climatique. Les risques posés par le changement climatique offrent en effet aux banques centrales une perspective particulière que les acteurs privés et les décideurs politiques ne peuvent pas nécessairement adopter compte tenu de leurs intérêts et horizons temporels respectifs – étant soumis à la « tragédie de l'horizon ». Dans cette perspective, les efforts actuels visant à mesurer, gérer et superviser les risques climatiques ne seront efficaces que s'ils contribuent à développer la coordination entre parties prenantes, qui est nécessaire pour faire face au changement climatique.

Cette coordination peut prendre des formes multiples (cf. annexe 2). Dans *The Green Swan* (Bolton *et al.*, 2020), nous mettons quatre dimensions en avant :

- i) au-delà de la gestion des risques liés au climat, les banques centrales peuvent promouvoir la gestion de long terme et soutenir les valeurs mises en avant par la finance durable (Fullwiler, 2015) ;
- ii) une meilleure coordination des mesures budgétaires, fiscales, monétaires et prudentielles est essentielle pour soutenir avec succès une transition environnementale (Krogstrup et Oman, 2019 ; Pereira da Silva, 2020), en particulier dans le contexte actuel de taux bas ;
- iii) une coopération internationale accrue entre autorités monétaires et financières sur les questions environnementales sera essentielle (Aglietta et Coudert, 2019) ;
- iv) une intégration plus systématique des critères environnementaux dans les cadres comptables nationaux et des entreprises peut également aider les acteurs privés et publics à gérer les risques climatiques (de Cambourg, 2019).



### À l'heure du Covid-19, il est nécessaire de repenser les interactions entre économie et nature

Le changement climatique n'est que la « partie émergée de l'iceberg » (Steffen *et al.*, 2011). D'autres « limites planétaires » (Rockström *et al.*, 2009) ou cycles biogéochimiques essentiels à la vie sur terre sont également affectés par l'activité humaine (par exemple, la perte de biodiversité et l'érosion des sols – IPBES, 2019 ; IPCC, 2019) et peuvent présenter des risques tout aussi systémiques que le changement climatique, en plus d'être interdépendants. Par exemple, le changement climatique peut accélérer la perte de biodiversité (IPBES, 2019).

À ce titre, la crise due au Covid-19 semble bien correspondre à un « Cygne Vert ». Bien qu'il convienne d'être prudent sur les origines de la pandémie, de nombreux experts estiment que (de même que de nombreuses maladies infectieuses ayant surgi ces dernières décennies) le Covid-19 serait dû à la dégradation de nos écosystèmes (Vidal, 2020). De plus, le dérèglement climatique augmente le risque d'exposition à des pathogènes humains ; il pourrait par exemple déclencher de nouvelles pandémies encore plus dévastatrices que celle du Covid-19, par exemple du fait de la fonte des glaciers et du pergélisol (Legendre *et al.*, 2015).

Alors que des banques centrales commencent à s'intéresser à de nouveaux risques écologiques tels que ceux qui sont liés à la perte de biodiversité (Schellekens et Van Toor, 2019), le concept d'incertitude radicale devient encore plus

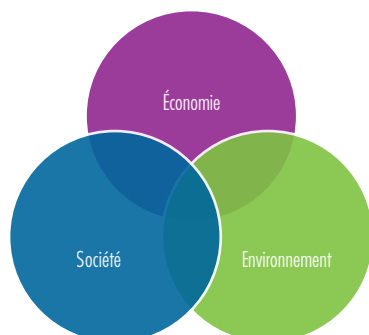
fondamental. En effet, la mesure du « risque biodiversité » fait face à encore davantage de complexité et d'incertitude que celle des risques climatiques, notamment parce qu'elle repose sur de multiples indicateurs locaux liés au fonctionnement de multiples écosystèmes (Chenet, 2019). Dans ce contexte, il semble que de nouvelles approches conceptuelles soient nécessaires pour penser la résilience de nos systèmes socio-écologiques (Schoon et Van der Leeuw, 2015 ; OCDE, 2019 ; Pereira da Silva, 2020) face à ces nouveaux risques écologiques globaux.

Le champ transdisciplinaire de l'économie écologique (Daly et Farley, 2004), par exemple, peut offrir une approche conceptuelle plus appropriée des liens de dépendance entre système économique et écosystèmes (OCDE, 2019). Plutôt que de considérer l'économie, la société et l'environnement comme trois sphères indépendantes (approche dite de soutenabilité faible), l'économie écologique considère que la sphère économique est encadrée dans les sphères sociale et biophysique, et que la perte de services écosystémiques ne peut que très partiellement être compensée par une augmentation du capital physique ou humain (approche de soutenabilité dite forte – cf. schéma 3).

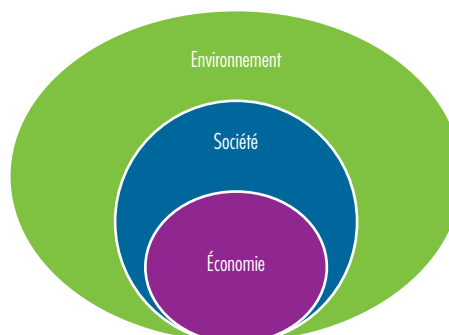
Revisiter les systèmes macroéconomiques et financiers à la lumière de ces considérations s'avérera essentiel pour apprécier la viabilité de nos systèmes économiques et financiers à l'ère des risques écologiques. Cet article ne fait que poser les jalons et appelle à développer de telles recherches à l'avenir.

### S3 Les deux approches de la soutenabilité

Soutenabilité faible :  
hypothèse d'indépendance et de substituabilité  
entre sphères économique et environnementale



Soutenabilité forte :  
le système économique est dépendant des sphères sociale  
et biophysique, avec substituabilité limitée entre les sphères







## Bibliographie

Abel (G. J.), Brottrager (M.), Crespo Cuaresma (J.) et Muttarak (R.) (2019)

« Climate, Conflict and Forced Migration », *Global Environmental Change*, vol. 54, janvier, p. 239-249.

Aglietta (M.) et Coudert (V.) (2019)

« The Dollar and the Transition: from Key Currency to Multilateralism », *CEPII Working Paper (Document de travail, Centre d'études prospectives et d'informations internationales)*, n° 2019-26, mai.

Aglietta (M.) et Espagne (É.) (2016)

« Climate and Finance Systemic Risks, more than an Analogy? The Climate Fragility Hypothesis », *CEPII Working Paper*, n° 2016-10, avril.

AIE (2017)

*Energy Technology Perspectives 2017*, Agence internationale de l'énergie (AIE).

Alestra (C.), Cette (G.), Chouard (V.), Lecat (R.) (2020)

« Advanced Climate Change Long-term Model (ACCL) : un outil de modélisation des risques climatiques », *Document de travail*, Banque de France, n° 759, avril.  
[Télécharger le document](#)

Allen (T.), Dees (S.), Boissinot (J.), Caicedo Graciano (C. M.), Chouard (V.) et al. (2020)

« Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an Application to France », *Document de travail*, Banque de France, à paraître.

Bachelard (G.) (1938)

*La Formation de l'esprit scientifique*, Paris, J. Vrin.

Barreto (L.) et Kemp (R.) (2008)

« Inclusion of Technology Diffusion in Energy-Systems Models: some Gaps and Needs », *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, n° 1, p. 95-101.

Bolton (P.), Després (M.), Pereira da Silva (L. A.), Samama (F.) et Svartzman (R.) (2020)

*The Green Swan: Central Banking and Financial Stability in the Age of Climate Change*, Banque des règlements internationaux et Banque de France, janvier.

[Télécharger le document](#)

Cahen-Fourot (L.), Campiglio (E.), Dawkins (E.), Godin (A.) et Kemp-Benedict (E.) (2019)

« Capital Stranding Cascades: the Impact of Decarbonisation on Productive Asset Utilisation », *Ecological Economic Papers*, n° 6854, Vienna University of Economics and Business (WU), n° 6854.

Calel (R.), Stainforth (D. A.) et Dietz (S.) (2015)

« Tall Tales and Fat Tails: the Science and Economics of Extreme Warming », *Climatic Change*, vol. 132, p. 127-141.

Cambourg (P. de) (2019)

*Garantir la pertinence et la qualité de l'information extra-financière des entreprises : une ambition et un atout pour une Europe durable*, Rapport présenté au ministre de l'Économie et des Finances, mai.

Carbon Brief (2018)

« Q&A: How "Integrated Assessment Models" are Used to Study Climate Change », Carbon Brief.

Carbon Tracker (2018)

« Mind The Gap: the \$1.6 Trillion Energy Transition Risk », Carbon Tracker Initiative.

Carney (M.) (2015)

« Breaking the Tragedy of the Horizon: Climate Change and Financial Stability », Discours au Lloyd's, Londres, 29 septembre.

Chenet (H.) (2019)

« Planetary Health and the Global Financial System », *Rockefeller Foundation Economic Council on Planetary Health Working Paper*, septembre.

Chenet (H.), Ryan-Collins (J.) et Van Lerven (F.) (2019)

« Climate-Related Financial Policy in a World of Radical Uncertainty: Towards a Precautionary Approach », *UCL Institute for Innovation and Public Purpose Working Paper*, n° 2019-13, décembre.

Dafermos (Y.), Nikolaidi (M.) et Galanis (G.) (2017)

« A Stock-Flow-Fund Ecological Macroeconomic Model », *Ecological Economics*, vol. 131, p. 191-207.



Daly (H. E.) et Farley (J.) (2004)

*Ecological Economics: Principles and Applications*, Island Press, rééd. 2011.

Dépoues (V.), Bouchet (V.), Cardona (M.)  
et Nicol (M.) (2019)

« Pour une autre approche du risque climatique en Finance », Institute for Climate Economics (I4CE), novembre.

Dikau (S.) et Ryan-Collins (J.) (2017)

*Green Central Banking in Emerging Market and Developing Country Economies*, The New Economics Foundation.

FEBRABAN (2014)

« The Brazilian Financial System and the Green Economy: Alignment with Sustainable Development », Fédération brésilienne des banques (FEBRABAN), Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) – *United Nations Environment Programme* (UNEP), septembre.

Fullwiler (S. T.) (2015)

« Sustainable Finance: Building a More General Theory of Finance », *Working Paper*, Binzagr Institute for Sustainable Prosperity, n° 106.

Heck (V.), Gerten (D.), Lucht (W.) *et al.* (2018)

« Biomass-based Negative Emissions Difficult to Reconcile with Planetary Boundaries », *Nature Climate Change*, vol. 8, p. 151-155.

Hildén (M.), Lahn (G.), Carter (T. R.), Klein (R. J. T.),  
Otto (I. M.) (2020)

« Cascading Climate Impacts: a New Factor in European Policy-making », *Cascades*, Policy Brief, janvier.

Human Rights Council (2019)

« Climate Change and Poverty: Report of the Special Rapporteur on Extreme Poverty and Human Rights », *United Nations Human Rights* (Conseil des droits de l'homme des Nations unies), Office of the High Commissioner.

IAIS (2018)

« Issues Paper on Climate Change Risks to the Insurance Sector », *International Association of Insurance Supervisors* (IAIS), juillet.

IPBES (2019)

« Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services », *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES).

IPCC (2014)

*Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

IPCC (2018)

« Summary for Policymakers », *Global Warming of 1.5°C: an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response To the Threat of Climate Change*.

IPCC (2019)

*Climate Change and Land: an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*.

IRENA (2017)

« Stranded Assets and Renewables: How the Energy Transition Affects the Value of Energy Reserves, Buildings and Capital Stock », *International Renewable Energy Agency* (IRENA), juillet.

Keynes (J. M.) (1936)

*The General Theory of Employment, Interest and Money*, Palgrave Macmillan, rééd. 2018. *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, trad. J. de Largentaye, Paris, Payot, rééd. 2016.

King (M.) (2016)

*The End of Alchemy: Money, Banking, and the Future of the Global Economy*, New York, W.W. Norton & Company.

Krogstrup (S.) et Oman (W.) (2019)

« Macroeconomic and Financial Policies for Climate Change Mitigation: a Review of the Literature », *IMF Working Paper (Document de travail, Fonds monétaire international)*, n° 19-185, septembre.



Legendre (M.), Lartigue (A.), Bertaux (L.), Jeudy (S.), Bartoli (J.) *et al.* (2015)

« In-depth Study of Mollivirus Sibericum, a New Giant Virus », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, septembre.

Lenton (T. M.), Rockström (J.), Gaffney (O.), Rahmstorf (S.), Richardson (K.), Steffen (W.) et Schellnhuber (H. J.) (2019)

« Climate Tipping Points: too Risky to Bet Against », *Nature*, vol. 575, p. 592-595.

Masson-Delmotte (V.) et Moufouma-Okia (W.) (2019)

« Risques climatiques : pourquoi chaque demi-degré compte », *Revue de la stabilité financière*, Banque de France, n° 23, juin, p. 17-28.

[Télécharger le document](#)

McGlade (C.) et Ekins (P.) (2015)

« The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused When Limiting Global Warming to 2°C », *Nature*, vol. 517, p. 187-190.

Mercure (J.-F.), Knobloch (F.), Pollitt (H.), Paroussos (L.), Scriciu (S. S.) et Lewney (R.) (2019)

« Modelling Innovation and the Macroeconomics of Low-Carbon Transitions: Theory, Perspectives and Practical Use », *Climate Policy*, vol. 19, n° 8, p. 1019-1037.

Monasterolo (I.), Roventini (A.) et Foxon (T.) (2019)

« Uncertainty of Climate Policies and Implications for Economics and Finance: An Evolutionary Economics Approach », *Ecological Economics*, vol. 163, p. 177-182.

NégaWatt (2018)

« Scénario négaWatt 2017-2050. Hypothèses et résultats », Association négaWatt, juin.

NGFS (2018)

*First Progress Report, Network for Greening the Financial System* (Réseau pour le verdissement du système financier – NGFS), octobre.

NGFS (2019)

*Premier rapport complet – Un appel à l'action. Le changement climatique comme source de risque financier*, avril.

[Télécharger le document](#)

OCDE (2019)

« Systemic Thinking for Policy Making: The Potential of Systems Analysis for Addressing Global Policy Challenges in the 21st Century », Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) – *Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD Publishing.

Pearson (P. J. G.) et Foxon (T. J.) (2012)

« A Low Carbon Industrial Revolution? Insights and Challenges from Past Technological and Economic Transformations », *Energy Policy*, vol. 50, p. 117-127.

Pereira da Silva (L. A.) (2019)

« Research on Climate-Related Risks and Financial Stability: an “Epistemological Break” ? », Discours à la Conférence du NGFS, Paris, 17 avril.

Pereira da Silva (L. A.) (2020)

« Green Swan 2, Climate Change and Covid-19: Reflections on Efficiency versus Resilience », Discours fondé sur des remarques formulées à l’*OECD Chief Economist Talk Series* (Paris, 23 avril) et au *Research Webinar* de la Banque des règlements internationaux (BRI, 13 mai).

Pindyck (R. S.) (2013)

« Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? », *Journal of Economic Literature*, vol. 51, n° 3, septembre, p. 860-872.

PNUE (2019)

*Rapport sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions 2019*, Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) – *Emissions Gap Report 2019, United Nations Environment Programme* (UNEP).

PRA (2019)

« Life Insurance Stress Test 2019: Scenario Specification, Guidelines and Instructions », *Bank of England Prudential Regulation Authority* (Autorité de régulation prudentielle de la Banque d'Angleterre – PRA).



Ripple (W. J.), Wolf (C.), Newsome (T. M.), Barnard (P.) et Moomaw (W. R.) (2020).

« World Scientists' Warning of a Climate Emergency », *BioScience*, vol. 70, n° 1, janvier, p. 8-12.

Rockström (J.), Steffen (W.), Noone (K.), Persson (Å.), Stuart Chapin (F.), Lambin (E. F.) *et al.* (2009)

« A Safe Operating Space for Humanity », *Nature*, vol. 461, p. 472-475.

Schellekens (G.) et Van Toor (J.) (2019)

« Values at Risk? Sustainability Risks and Goals in the Dutch Financial Sector », *De Nederlandsche Bank* (Banque des Pays-Bas – DNB).

Schoon (M.) et Van der Leeuw (S.) (2015)

« The Shift toward Social-Ecological Systems Perspectives: Insights into the Human-Nature Relationship », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 23, n° 2, p. 166-174.

Steffen (W.), Grinevald (J.), Crutzen (P.) et McNeill (J.) (2011)

« The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, mars, p. 842-867.

Steffen (W.), Rockström (J.), Richardson (K.), Lenton (T. M.), Folke (C.), Liverman (D.), Summerhayes (C. P.) *et al.* (2018)

« Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 115, n° 33, août, p. 8252-8259.

Stern (N.) (2016)

« Economics: Current Climate Models Are Grossly Misleading », *Nature*, vol. 530, n° 7591, p. 407-409.

Svartzman (R.), Dron (D.) et Espagne (E.) (2019)

« From Ecological Macroeconomics to a Theory of Endogenous Money for a Finite Planet », *Ecological Economics*, n°162, p. 108-120.

Taleb (N. N.) (2007)

*The Black Swan*, Penguin Random House.

The Shift Project et IFP Énergies nouvelles (2019)

« Comprendre les enjeux de la modélisation du lien complexe entre énergie, climat et économie : état des lieux et limites de la modélisation énergie-climat-économie au niveau mondial », octobre.

Valantin (J.-M.) (2017)

*Géopolitique d'une planète dérégulée. Le choc de l'Anthropocène*, Paris, Éditions du Seuil.

Vermeulen (R.), Schets (E.), Lohuis (M.), Kölbl (B.), Jansen (D. J.) et Heeringa (W.) (2019)

« The Heat is on: a Framework Measuring Financial Stress under Disruptive Energy Transition Scenarios », *De Nederlandsche Bank Working Paper (Document de travail, Banque des Pays-Bas)*, n° 625, février.

Vidal (J.) (2020)

« Destroyed Habitat Creates the Perfect Conditions for Coronavirus to Emerge », *Scientific American*, 18 mars.

Villeroy de Galhau (F.) (2019)

« Climat : les banques centrales se mobilisent », *Revue de la stabilité financière*, Banque de France, n° 23, juin, p. 7-13.

[Télécharger le document](#)

Volz (U.) (2017)

« On the Role of Central Banks in Enhancing Green Finance », *UNEP Inquiry Working Paper (Document de travail, PNUE)*, février.

Webb (I.), Baumslag (D.) et Read (R.) (2017)

« How Should Regulators Deal with Uncertainty? Insights from the Precautionary Principle », *Bank Underground* (cybercarnet de la Banque d'Angleterre), janvier.

Weitzman (M. L.) (2011)

« Fat-Tailed Uncertainty in the Economics of Catastrophic Climate Change », *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 5, n° 2, p. 275-292.



### Annexe 1

## L'incertitude liée aux technologies et aux investissements nécessaires à une transition bas-carbone

Une source importante d'incertitude technologique est liée au rôle attribué aux émissions négatives (incluant notamment la reforestation) et aux technologies de capture et de stockage du carbone (CSC). Leur importance relative varie considérablement d'un modèle à l'autre : l'analyse d'un ensemble de scénarios visant à limiter l'augmentation de la température à 2 °C indique qu'entre 400 et 1 600 gigatonnes de dioxyde de carbone (soit 10 à 40 ans d'émissions actuelles) peuvent être compensées par des émissions négatives et du CSC (Carbon Brief, 2018). En conséquence, choisir un scénario qui attribue un rôle important aux émissions négatives et à la CSC mènerait naturellement à réduire la valeur des actifs échoués. À l'inverse, un scénario attribuant moins de place à ces technologies nécessiterait de réévaluer la valeur des actifs échoués.

En fait, quel que soit le scénario choisi, une incertitude considérable existe en ce qui concerne les émissions négatives et les technologies CSC. Celles-ci restent sujettes à de nombreuses contraintes technologiques,

des coûts potentiellement élevés, ou encore à des risques environnementaux et sanitaires (IPCC, 2014). Par ailleurs, le fait de miser sur les émissions négatives, et notamment sur la reforestation comme solution d'atténuation du changement climatique, pourrait avoir des conséquences négatives pour de nombreux écosystèmes (Heck *et al.*, 2018).

En partie en raison de ces sources d'incertitude technologique, l'estimation du volume des investissements nécessaires (un élément critique pour évaluer le risque et les opportunités liés à une transition bas-carbone) peut également varier de manière significative. L'analyse de six modèles (IPCC, 2018, p. 153), estimant les investissements énergétiques supplémentaires (sur la période 2016 à 2050) par rapport au scénario de référence afin de limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C, indique des valeurs allant de 150 milliards à 1 700 milliards de dollars par an. Les investissements annuels totaux dans la production d'énergie bas-carbone varient également considérablement, allant de 800 milliards à 2 900 milliards de dollars.





## Annexe 2

### Quelle coordination entre banques centrales et autres acteurs face au risque systémique lié au changement climatique ?

Approche paradigmatique du changement climatique	Responsabilités	
	Mesures à envisager <sup>1</sup> par les banques centrales, les régulateurs et les superviseurs	Mesures à mettre en œuvre par d'autres acteurs <sup>2</sup> (gouvernement, secteur privé, société civile)
<b>Identification et gestion des risques liés au climat</b> <b>&gt;&gt; Focus sur les risques</b>	Intégration des risques liés au climat (compte tenu de la disponibilité de méthodologies prospectives adaptées) dans : <ul style="list-style-type: none"> <li>• la réglementation prudentielle ;</li> <li>• le suivi de la stabilité financière</li> </ul>	Publication volontaire des risques liés au climat par le secteur privé (Groupe de travail sur la publication d'informations financières relatives au climat – <i>Task Force on Climate-related Financial Disclosures</i> ) Publication obligatoire des risques liés au climat et d'autres informations pertinentes (par exemple, article 173 en France, taxonomie des activités « vertes » et « marron »)

#### Limites :

- Obstacles épistémologiques et méthodologiques au développement de scénarios cohérents aux niveaux macroéconomique, sectoriel et infra-sectoriel.
- Les risques liés au climat demeureront non couvrables aussi longtemps que des transformations à l'échelle du système ne sont pas entreprises.

#### Internalisation des externalités

##### >> Focus sur l'horizon temporel

Promotion d'une vision à long terme comme instrument pour briser la « tragédie de l'horizon », notamment :

- en intégrant des considérations environnementales, sociales et de gouvernance (ESG) dans les propres portefeuilles des banques centrales ;
- en explorant les impacts potentiels des approches soutenables dans la conduite des politiques de stabilité financière, lorsque cela est jugé compatible avec les mandats existants

- Tarification du carbone
- Systématisation des pratiques ESG dans le secteur privé

#### Limites :

- Des actions isolées des banques centrales seraient insuffisantes pour réaffecter les capitaux avec la vitesse et l'ampleur nécessaires, et pourraient avoir des conséquences involontaires.
- Limites de la tarification du carbone et de l'internalisation des externalités en général : insuffisantes pour inverser les inerties existantes et pour générer la transformation structurelle nécessaire du système socioéconomique mondial.

#### Transformation structurelle vers un système économique mondial inclusif et bas-carbone

##### >> Focus sur la résilience des systèmes adaptatifs complexes face à l'incertitude

Reconnaissance de l'incertitude profonde et de la nécessité d'un changement structurel pour préserver la stabilité climatique et financière à long terme, notamment en explorant :

- la coordination monétaire, budgétaire et prudentielle verte, au plancher effectif des taux d'intérêt ;
- le rôle des modèles de non-équilibre et des approches qualitatives pour mieux prendre en compte les interactions complexes et incertaines entre le climat et les systèmes socioéconomiques ;
- les réformes potentielles du système monétaire et financier international, fondées sur l'idée que la stabilité climatique et la stabilité financière sont des biens publics interconnectés

- Une politique budgétaire verte (rendue possible ou facilitée par les taux d'intérêt bas)
- Les débats de société sur la nécessité éventuelle de revisiter les dosages macroéconomiques (politique, budgétaire, monétaire et prudentiel) compte tenu des impératifs climatiques et plus largement écologiques à venir
- Intégration du capital naturel dans les systèmes de comptabilité au niveau national et au niveau des entreprises
- Intégration de la stabilité climatique en tant que bien public devant être soutenu par le système monétaire et financier international

<sup>1</sup> Envisager ces mesures n'implique pas un soutien total à leur mise en œuvre immédiate. Des nuances et des limitations éventuelles sont à observer.

<sup>2</sup> Mesures qui sont jugées essentielles pour parvenir à la stabilité climatique et financière, mais qui n'entrent cependant pas dans le champ d'action des banques centrales, des régulateurs et des superviseurs.

Source : Bolton *et al.* (2020).



Dans *The Green Swan: Central Banking and Financial Stability in the Age of Climate Change* (Bolton *et al.*, 2020), nous avançons différentes pistes de coopération entre banques centrales et autres acteurs (publics, privés, société civile, communauté internationale) pour faire face aux risques systémiques posés par le changement climatique. Nous appelons les banques centrales

à promouvoir et à contribuer à cette coordination. Le tableau *supra* résume différents axes de coopération possibles, selon que l'on traite le changement climatique sous l'angle du risque, sous l'angle des externalités, ou sous l'angle de la résilience du système dans son ensemble (tel que développé dans la dernière partie de cet article).

---

#### Éditeur

Banque de France

#### Secrétaire de rédaction

Alexandre Capony

#### Directeur de la publication

Gilles Vaysset

#### Réalisation

Studio Création

Direction de la Communication

#### Rédaction en chef

Corinne Dauchy

ISSN 1952-4382

Pour vous abonner aux publications de la Banque de France

<https://publications.banque-france.fr/>

Rubrique « Abonnement »

