



SCÉNARIOS ÉNERGIE-CLIMAT

Évaluation
et Mode d'emploi

Rapport du think tank
The Shift Project pour l'Afep

Novembre

2019

SCÉNARIOS ÉNERGIE-CLIMAT

Évaluation
et Mode d'emploi

**Rapport du think tank
The Shift Project pour l'Afep**

1. Avant-propos	8
A. Objectifs de l'étude réalisée par The Shift Project pour l'Afep	9
B. Acteurs sollicités	9
C. Indications sur le rapport	10
D. Présentation de l'Afep	10
E. Présentation du Shift Project	11
2. Résumé et recommandations	12
3. Enjeux énergie-climat, de quoi parle-t-on ?	16
A. Un futur incertain, des risques à fort impact potentiel	17
1. L'énergie, principale clef de la problématique climatique	17
2. Risques de transition et risques physiques	18
3. Budget carbone	19
B. La transition bas-carbone pourrait être désordonnée et incertaine	20
4. La chaîne de valeur des entreprises sera affectée par les enjeux énergie-climat	22
A. Déterminants physiques de l'activité des entreprises	23
B. Identifier les déterminants physiques	24
5. L'analyse prospective par scénario	28
A. En quoi consiste l'analyse prospective par scénario ?	29
1. La prospective : une méthode pour anticiper et agir	29
2. Qu'est-ce qu'un scénario ?	31
B. Un outil efficace pour évaluer les enjeux énergie-climat	33
C. Suggestion de processus d'analyse prospective par scénario	34
D. La clé du succès : l'implication de la direction de l'entreprise	36
6. Le « narratif » est le point d'entrée de l'analyse par scénario	38
A. Pourquoi le narratif est-il important ?	39
B. Principaux déterminants de l'environnement de l'entreprise	40
C. Suggestion de processus de construction de narratifs	43
7. L'approche quantitative de l'analyse par scénario	48
A. Évaluation des impacts financiers	49
B. L'approche « financière » et l'approche « matérielle »	49
8. Les scénarios énergie-climat publics : état des lieux et limites	54
A. Aperçu des scénarios climatiques	55
B. Panorama des scénarios énergie-climat publics de transition	56
1. Comment lire un scénario énergie-climat public ?	56
2. Scénarios étudiés, critères de sélection, producteurs	64

3. Analyse des scénarios énergie-climat publics et pistes d'amélioration	75
C. Quel avenir pour les scénarios énergie-climat publics ?	88
D. Comment utiliser des scénarios énergie-climat publics à ce stade ?	90
1. Suggestion de processus	90
2. Cas pratique : processus d'analyse par scénario déployée par South 32	92
9. Communiquer en externe au sujet d'une analyse par scénario	96
A. Les analyses de long terme pourraient structurer les reportings	97
1. La recommandation de la TCFD sur l'analyse par scénario	97
2. Révision de la directive européenne sur le reporting extra-financier	98
B. Les entreprises sont sollicitées sur leur alignement 2°C et 1,5°C	100
1. Une interprétation stratégique	100
2. Un outil de communication ?	101
C. Communiquer sur une analyse par scénario réalisée en interne	101
1. État des lieux de la publication d'informations sur l'analyse par scénario	101
2. Publier des informations sur une analyse prospective réalisée en interne	102
3. L'initiative Science Based Target (iSBT)	104
4. Assessing Carbon Transition (ACT)	107
10. Les scénarios énergie-climat dans le secteur financier	110
A. Actions des régulateurs financiers	111
B. Acteurs financiers et analyse par scénario, quels enjeux ?	113
C. Acteurs financiers et analyse par scénario : état des lieux et tendances	114
1. Actions des agences de notation financière	114
2. Actions des investisseurs institutionnels	117
Annexe 1 : Liste des interlocuteurs rencontrés	119
A. Entreprises membres du comité de pilotage	120
B. Autres entreprises membres de l'Afep rencontrées	121
C. Parties prenantes de l'analyse par scénario rencontrées	121
D. Acteurs financiers rencontrés	122
Annexe 2 : Construction des séries historiques	123
Annexe 3 : Acronymes et unités utilisés	124
Bibliographie	126
A. Bibliographie générale	126
B. Documentation des producteurs de scénarios	132
Les Auteurs	134

Encadré 1 : Exemple d'identification de la dépendance des activités d'une entreprise aux transformations induites par les enjeux énergie-climat	26
Encadré 2 : Proposition de définition de l'analyse prospective par scénario	30
Encadré 3 : Scénarios énergie-climat et scénarios 2°C	32
Encadré 4 : L'implication décisive de la direction du groupe Air Liquide	36
Encadré 5 : L'analyse prospective, un pilier dans l'élaboration de la stratégie du groupe Michelin	45
Encadré 6 : L'analyse prospective n'est pas réservée aux grands groupes	46
Encadré 7 : L'analyse des déterminants physiques, essentielle pour l'entreprise South32	51
Encadré 8 : L'approche quantitative du groupe Air Liquide	52
Encadré 9 : Intensité énergétique et intensité carbone	57
Encadré 10 : L'effet rebond	59
Encadré 11 : Couplage PIB/pétrole	60
Encadré 12 : Variables du modèle	64
Encadré 13 : L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE)	66
Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises	68
Encadré 15 : Présentation des <i>Shared Socio-economic Pathways (SSPs)</i>	70
Encadré 16 : Scénarios de l'AIE	71
Encadré 17 : Scénarios 1.5°C du Rapport spécial 1.5°C (SR-1.5) du GIEC (2018)	72
Encadré 18 : L'utilisation de scénarios par le GIEC	74
Encadré 19 : Narratifs des scénarios SSP	77
Encadré 20 : Favoriser les échanges entre entreprises et concepteurs de scénarios	89
Encadré 21 : Publication d'informations dans le rapport climat de South32	104
Encadré 22 : Quels sont les acteurs qui sollicitent les entreprises en matière d'analyse par scénario ?	115
Encadré 23 : <i>Moody's Carbon Transition Assessments tool</i>	116
Encadré 24 : CDP et l'analyse par scénario	119

1

Avant-propos

A - Objectifs de l'étude réalisée par The Shift Project pour l'Afep	9
B - Acteurs sollicités	9
C - Indications sur le rapport.	10
D - Présentation de l'Afep	10
E - Présentation du Shift Project	11

A

Objectifs de l'étude réalisée par The Shift Project pour l'Afep

En juillet 2017, la « *Task force on Climate-related Financial risk Disclosure (TCFD)* » a publié son rapport final pour le G20. Ce rapport comprend onze recommandations, dont l'une concerne **l'analyse de scénarios énergie/climat** et fait l'objet d'une annexe de 70 pages. Ce rapport indique notamment : « *L'une des principales recommandations du Groupe de travail porte sur la **résilience de la stratégie d'une organisation selon différents scénarios liés au climat, dont un scénario 2°C ou moins*** ». À la suite des recommandations de la TCFD, de nombreux investisseurs, agences de notation et autres parties prenantes sollicitent de plus en plus les entreprises sur les façons dont elles évaluent une telle résilience.

Pour de nombreuses raisons - principalement liées aux incertitudes du changement climatique et à l'horizon temporel - l'analyse par scénario semble appropriée pour évaluer les impacts potentiels du changement climatique ou d'une transition « bas-carbone », notamment sur le plan stratégique. Cette méthode pourrait fortement structurer la planification stratégique, les méthodologies d'analyse des risques climatiques et le *reporting* dans les années à venir.

Cependant, la mise en œuvre d'une analyse par scénario énergie/climat telle que recommandée par la TCFD, est une démarche encore nouvelle pour les entreprises qui construisent une stratégie climat. Par ailleurs, les entreprises ne se sentent pas toujours à l'aise avec la publication d'informations relatives à cet exercice. Pour ces raisons, elles souhaitent disposer d'une meilleure compréhension des différents enjeux et questions liés à l'usage de scénarios énergie-climat tels que :

- les scénarios à utiliser et les critères qui permettent de les analyser en fonction de l'activité et de la localisation des entreprises ;
- les méthodes qui permettent d'utiliser de tels scénarios ;
- les façons dont les parties prenantes de l'entreprise utilisent les informations qu'elle publie ;

L'Afep a commandité au think tank *The Shift Project* une étude afin d'apporter aux entreprises françaises un éclairage sur

les enjeux liés à l'analyse de scénarios énergie-climat, et de les aider à s'engager dans des plans d'actions compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris. Cette étude vise à :

1. produire une cartographie critique des principaux scénarios énergie-climat publiquement accessibles ;
2. réaliser une analyse des choix méthodologiques des parties prenantes des entreprises (notamment les investisseurs, acteurs de la notation, financeurs, régulateurs, etc.) en matière d'analyse des informations relatives à ces scénarios que les entreprises publient ;
3. formuler des recommandations aux entreprises sur :
 - a/ les démarches qu'elles peuvent entreprendre pour utiliser les scénarios énergie-climat publiquement accessibles ou concevoir leur propre scénarios ;
 - b/ la façon de piloter ces démarches et de communiquer en externe.

Quinze entreprises membres de l'Afep – **Alstom, Axa, Bouygues, CGG, Generali France, LVMH, Michelin, Société Générale, Sodexo, Schneider Electric, Suez, Thales, Unibail-Rodamco-Westfield, Vallourec et Veolia** - ont été à l'initiative de cette étude dont les travaux se sont déroulés de septembre 2018 à juin 2019.

B

Acteurs sollicités

Les résultats de cette étude sont en grande partie fondés sur les échanges entre l'équipe du *Shift Project* de nombreuses parties prenantes impliquées dans la conception de scénarios énergie-climat ou leurs usages : les entreprises elles-mêmes, les modélisateurs, les scénaristes, les prospectivistes, les acteurs financiers (banques, agences de notation, investisseurs) et les régulateurs.

Afin de traiter l'ensemble des enjeux soulevés par ces questions complexes et de les analyser dans un souci d'objectivité, notre travail s'est fondé sur plusieurs formes d'échanges :

- Quatre réunions du comité de pilotage avec les représentants des quinze entreprises complétés par des entretiens détaillés afin de cerner au mieux leurs interrogations au sujet des scénarios énergie-climat et des

méthodologies disponibles (voir en Annexe 1, Entreprises membres du comité de pilotage, p.120)

- **Plusieurs rencontres avec d'autres entreprises membres de l'Afep** afin d'identifier les bonnes pratiques parmi les entreprises les plus avancées (voir en Annexe 1, Autres entreprises membres de l'Afep rencontrées, p.121) ;
- **Des échanges et rencontres (fondées sur les témoignages des entreprises) avec plusieurs des parties prenantes impliquées dans l'analyse par scénario** : scénaristes, modélisateurs, prospectivistes, ONG (voir en Annexe 1, Parties prenantes de l'analyse par scénario rencontrées, p.121)
- **Des échanges et rencontres avec les acteurs financiers** : agences de notation, investisseurs, banques (voir en Annexe 1, Acteurs financiers rencontrés, p.122).

Par ailleurs, notre analyse s'est aussi beaucoup appuyée sur la littérature disponible sur le sujet, relativement abondante par ailleurs et consignée en annexe (Voir Bibliographie, p.134) du présent rapport.

Nous souhaitons remercier l'ensemble de nos interlocuteurs pour leur accueil, leurs conseils et la qualité des informations qu'ils nous ont transmises. Plus particulièrement, nous remercions chaleureusement les représentants des entreprises membres de l'Afep pour leur partage d'expérience et leur soutien, ainsi que l'équipe de l'Afep pour son aide tout au long de l'étude.

C

Indications sur le rapport

Les conclusions présentées dans ce rapport n'engagent que *The Shift Project*.

Au-delà de sa complexité et de son étendue, l'analyse par scénario des enjeux énergie climat » est un domaine en pleine évolution. Pour cette raison, un suivi dans la durée par les entreprises des développements à venir, notamment des bonnes pratiques, sera utile pour les acteurs économiques et les utilisateurs des informations qu'elles produisent.

Nous avons pris en compte dans le rapport le fait que si les conséquences du changement climatique concernent tous

les secteurs d'activité, certains sont touchés directement et d'autres indirectement.

D

Présentation de l'Afep

L'Afep est l'Association française des entreprises privées. Créée en 1982, elle réunit les grandes entreprises privées de dimension mondiale présentes en France. Elle est basée à Paris et à Bruxelles. L'Association a pour objectif de contribuer à l'élaboration d'un environnement favorable au développement de l'activité économique durable et de porter la vision des entreprises qui la composent auprès des pouvoirs publics français, des institutions européennes et des organisations internationales. L'Afep compte 113 entreprises membres. Elles contribuent pour plus de 14% au PIB français, emploient 2 millions de salariés directs et versent 19% des prélèvements obligatoires pesant sur les entreprises. L'Association intervient depuis 2000 sur les enjeux du climat, de l'environnement et de l'énergie. Sur le climat, en plus des travaux sur les grands textes législatifs (notamment les directives quotas ETS, efficacité énergétique et performance énergétique des bâtiments, et les textes français), elle a lancé de façon complémentaire plusieurs initiatives soutenues par les grands groupes français et les pouvoirs publics français :

- L'établissement entre entreprises françaises et avec les pouvoirs publics nationaux d'une offre française innovante en matière d'urbanisme durable par la mise en place d'une vingtaine de démonstrateurs urbains sur le territoire national et à l'export afin de réduire l'impact énergétique, climatique et environnemental et d'accroître la qualité de vie : ce sont les démonstrateurs industriels de ville durable (DIVD) ;
- La conception et la mise en œuvre d'engagements volontaires d'entreprises en matière d'économie circulaire ayant notamment un impact positif sur le climat.

L'Afep travaille sur les enjeux de *reporting* climat des entreprises et les moyens d'engager un dialogue plus approfondi entre investisseurs, acteurs de la notation et entreprises. L'Association a dans cette perspective confié au think tank *The Shift Project* la réalisation d'une étude, publiée en 2018, visant à faire l'état des lieux de l'intégration

risque climatique par les acteurs de la notation financière et extra-financière (« *Analyse du risque climat : méthodologies, acteurs, perspectives* »). La présente étude s'inscrit dans le prolongement de ces travaux.

Le président de l'Afep est Laurent Burelle, Président Directeur Général de Plastic Omnium.

E

Présentation du Shift Project

The Shift Project est une association reconnue d'intérêt général fondée en 2010 par Jean-Marc Jancovici (membre du Haut Conseil pour le Climat). C'est un think tank dont la mission consiste à éclairer et à influencer le débat sur la transition énergéico-climatique en France et en Europe.

The Shift Project est soutenu en 2019 par plusieurs grandes entreprises françaises et européennes qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité stratégique et, dans ce sens, les aide à identifier les opportunités associées.

Depuis sa création, *The Shift Project* a ainsi initié 20 projets d'étude, participé à l'émergence de 2 manifestations internationales (Business and Climate Summit, World Efficiency), et organisé 50 colloques, forums, ateliers et conférences. Il a pu influencer significativement plusieurs décisions politiques importantes pour la transition énergétique, en France et au sein de l'Union européenne.

La démarche du *Shift Project* est marquée par un prisme d'analyse particulier, fondé sur la conviction que l'énergie est un facteur de premier ordre de développement et que, dès lors, les risques induits par le changement climatique, intimement liés à l'usage de l'énergie, relèvent d'une complexité systémique et transdisciplinaire particulière.

The Shift Project a été créé afin de mobiliser les entreprises sur les risques, mais surtout sur les opportunités de long terme engendrées par le changement climatique et cela dans une tradition française d'optimisation sous contrainte, où il est essentiel de bien hiérarchiser l'efficacité potentielle des diverses manières de s'attaquer à la question.

Parmi les projets réalisés par *The Shift Project*, plusieurs

sont proches du sujet abordé dans cette étude. Le lecteur pourra ainsi se reporter à :

- « **Analyse du risque climat : méthodologies, acteurs, perspectives** », étude publiée en 2018 et réalisée pour l'Afep, mentionnée précédemment.
- « **L'Observatoire 173 Climat - Assurance Vie** », publié annuellement et visant à établir un état des lieux de la prise en compte du risque climatique et de sa gestion par l'assurance vie française dans le cadre de l'art. 173 de la LTECV ;
- « **Lean ICT : pour sobriété numérique** », en collaboration avec la Caisse des dépôts et Consignations et l'AFD, visant à établir un Référentiel écologique du « Numérique » décrivant l'empreinte énergétique et environnementale de ce secteur, à élaborer des scénarios prospectifs à horizon 2030 mettant en évidence les facteurs déterminants et enfin à proposer des plans d'actions.

The Shift Project est présidé par Jean-Marc Jancovici.

L'étude a par ailleurs bénéficié du soutien et de l'expertise de Global Warning, société de conseil fondée par Michel Lepetit.

2

Résumé et recommandations

La transition énergétique et l'adaptation au changement climatique sont des défis de long terme inéluctables, qui pourraient intervenir d'une manière désordonnée et incertaine.

Dans les années à venir, la nécessaire transition énergétique et l'adaptation aux conséquences du changement climatique joueront un rôle majeur dans les choix des organisations humaines publiques ou privées, et en particulier des entreprises.

L'ampleur des transformations à engager pour respecter les objectifs de l'Accord de Paris de 2015 représente un défi historique pour les acteurs économiques (tant en ce qui concerne l'ampleur des réductions d'émissions de CO₂ à réaliser que des investissements à consentir).

Ces transformations pourront intervenir de manière chaotique, à travers des ruptures profondes d'ordres technologique, politique, économique et social. Les régulateurs, notamment financiers, s'y préparent. Pour faire face à ces bouleversements inéluctables, les entreprises doivent se forger une connaissance précise des enjeux énergie-climat, appliquée à leur propre modèle d'affaires.

1 Les entreprises sont de plus en plus sollicitées par leurs parties prenantes, notamment financières afin de produire des informations sur leur alignement avec les objectifs de l'accord de Paris.

À ce jour, les acteurs financiers – notamment agences de notation et investisseurs – sollicitent peu les entreprises sur leur analyse prospective à partir de scénarios et privilégient des approches par *reporting*. Lorsqu'ils analysent le long terme, ces acteurs adoptent volontiers une approche sectorielle normative (de type « trajectoires 2°C », souvent improprement intitulées « scénarios 2°C »). Les agences de notation n'intègrent pas l'analyse par scénario directement dans leur méthodologie de notation du crédit, mais développent des produits d'analyse qui s'appuient sur certains scénarios énergie-climat publics (comme ceux de l'AIE).

Pour les entreprises, répondre aux sollicitations des acteurs financiers dans un tel cadre peut se justifier au titre du *reporting* et de la comparabilité avec des pairs. Toutefois, présenter l'avenir sous la forme simplificatrice d'une trajectoire normative ne saurait tenir lieu pour l'entreprise d'un exercice stratégique complet centré sur les enjeux de la révolution énergétique en cours.

2 Face à cette nouvelle donne stratégique, l'analyse prospective par scénario est une méthode appropriée pour traiter les enjeux énergie-climat (d'atténuation et d'adaptation), et appréhender les incertitudes associées.

Il s'agit d'une méthode déjà bien connue pour modéliser l'accès aux ressources d'une organisation en avenir incertain, pratiquée notamment par les planificateurs d'économie de guerre et de reconstruction. Elle est également couramment utilisée par les entreprises du domaine de l'énergie, notamment les compagnies pétrolières.

L'analyse par scénario consiste à confronter une organisation à plusieurs futurs contrastés décrits par des scénarios. Appliquée aux enjeux énergie-climat, elle offre de nombreux avantages pour en évaluer les risques et les opportunités (identification des ruptures, gestion de l'incertitude).

A ce jour, les entreprises consultées indiquent manquer de méthodes pour instruire une analyse par scénario, et déterminer les enjeux spécifiques pour leurs propres activités et leur modèle d'affaires.

3 Les scénarios énergie-climat publics – sur lesquels s'appuient ou pourraient s'appuyer les analyses réalisées par les entreprises ou leurs parties-prenantes – n'apparaissent pas conçus pour un tel usage. Ils comportent en effet certaines limites, liées au choix des hypothèses d'entrée et à la nature des modèles utilisés.

Un scénario est la description, centrée sur les enjeux étudiés, d'un futur possible et du cheminement pour y parvenir. De nombreux acteurs (organisations internationales, centre de recherches, entreprises et ONG) produisent des scénarios décrivant des futurs marqués par les enjeux énergie-climat. A ce jour, ces scénarios sont principalement conçus pour l'évaluation des politiques publiques ou pour des recherches académiques. Ils ne sont pas destinés à être utilisés tels quels par les entreprises.

A titre d'exemple, dans la plupart des cas, ces scénarios postulent une croissance économique constante, sans intégrer de discontinuité plausible. En outre, une grande partie d'entre eux n'inclut pas de « narratif » détaillé (récit ou description qualitative des scénarios) permettant de donner sens aux hypothèses structurantes utilisées.

La plupart des producteurs de scénarios ont conscience des difficultés rencontrées par les entreprises. Ils sont prêts à travailler avec elles pour construire des scénarios énergie-climat publics plus accessibles et adaptés à leurs besoins.

4 Compte tenu des limites évoquées ci-dessus, il est recommandé aux entreprises susceptibles d'être particulièrement affectées par les enjeux énergie-climat d'établir une analyse prospective opérationnelle de ces enjeux à partir de scénarios développés en interne.

Ces scénarios reposent en premier lieu sur des narratifs. Ils peuvent également inclure des éléments quantitatifs qui décrivent les caractéristiques propres de l'entreprise, tels que les déterminants physiques structurant ses activités et la demande de ses produits et services.

Des entreprises, issues de secteurs et de tailles variés, se sont engagées dans une telle démarche en y consacrant des moyens raisonnables. La conception et l'utilisation de scénarios internes est un facteur de motivation et un guide pour l'action pour tous les collaborateurs de l'entreprise. Le rôle des directions générales et des directions

opérationnelles est déterminant pour susciter dans les organisations la prise de conscience nécessaire, initier la démarche et développer les compétences en interne.

5 **Lorsqu'une entreprise a réalisé en interne une analyse prospective par scénarios, elle peut publier certaines informations en s'appuyant sur le cadre proposé par la TCFD ou les nouvelles lignes directrices « climat » de la Commission européenne relatives au reporting extra-financier.**

La réalisation d'une analyse prospective par scénario vise à répondre à un besoin stratégique interne, centré sur les enjeux propres à l'entreprise et son environnement. Elle conduit, quelle que soit l'approche retenue – usage de scénarios internes ou de scénarios externes –, à la production de livrables (scénarios, nouvelles opportunités,

plan d'action, etc.) utilisés par les instances de direction de l'entreprise. Parmi l'ensemble des informations contenues dans ces livrables, certaines n'ont pas vocation à être externalisées, alors que d'autres le peuvent, selon les besoins de l'entreprise vis-à-vis de ses parties prenantes. Il est par exemple recommandé d'externaliser : la description du processus d'analyse par scénario mis en œuvre, la synthèse des narratifs des scénarios étudiés et des résultats décrivant la résilience des actifs, du modèle d'affaires et les opportunités pressenties.

Conformément à la nature même de la méthode d'analyse prospective, une entreprise peut analyser objectivement plusieurs futurs – souhaitables ou non, alignés sur l'Accord de Paris ou pas – sans que cela signifie pour autant qu'elle s'engage sur telle ou telle voie.

Conclusion

Afin d'être mieux compris et intégrés dans la prise de décision, les enjeux énergie-climat, incertains mais inévitables, nécessitent la mise en œuvre au sein des entreprises de méthodes rationnelles et objectives d'analyse du futur, capables de créer la confiance en interne comme en externe.

L'identification, parmi les déterminants qui dimensionnent les activités de l'entreprise et ses marchés, de ceux qui pourraient être significativement affectés par le changement climatique ou la décarbonation du système économique, est une étape essentielle. Les scénarios que l'entreprise peut utiliser dans sa démarche, devraient en priorité décrire plusieurs trajectoires d'évolution de ces déterminants, souhaitables ou non.

L'analyse par scénario des enjeux énergie-climat est accessible à toutes les entreprises, mais nécessite un engagement significatif de leur direction générale et des collaborateurs de leurs différentes directions dans le cadre d'un pilotage précis. C'est la condition pour que le défi soit relevé.

Cette méthode constitue pour les entreprises un moyen efficace de tenir compte des enjeux énergie-climat dans leur stratégie. Elle leur permet d'établir des informations essentielles sur l'évolution de leur modèle d'affaires, notamment à l'attention des investisseurs et des agences de notation.

L'étude formule **7 recommandations** afin d'aider les entreprises et leurs dirigeants à engager leur organisation dans un processus de réflexion stratégique, face à l'urgence du changement climatique et de ses effets systémiques.

Recommandation n°1

Identifier, parmi les déterminants qui dimensionnent les activités de l'entreprise et ses marchés, ceux qui pourraient être significativement affectés par le changement climatique et la transition bas-carbone.

Recommandation n°2

Mettre en œuvre une analyse prospective régulière à partir de scénarios énergie-climat pluriels, décrivant les processus possibles d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Recommandation n°3

Concevoir en interne des narratifs (« récits ») qui décrivent l'évolution de l'environnement d'affaires de l'entreprise compte tenu des enjeux énergie-climat, sans se contenter d'extrapolation des tendances passées.

Recommandation n°4

Lorsque des éléments quantitatifs interviennent dans l'exercice d'analyse par scénario, ceux-ci devraient en priorité décrire l'évolution des déterminants physiques qui dimensionnent les activités et les marchés de l'entreprise.

Recommandation n°5

Engager le dialogue avec les producteurs de scénarios énergie-climat publics afin de stimuler une offre de scénarios énergie-climat diversifiés et plus adaptés aux entreprises.

Encourager et participer à la création de consortiums d'entreprises dont la mission serait de développer des scénarios adaptés à leurs besoins.

Recommandation n°6

Attribuer à un ou plusieurs membres de la direction de l'entreprise la supervision de l'exercice d'analyse prospective à partir de scénarios énergie-climat.

Lancer un programme d'appropriation des principaux enjeux énergie-climat par les dirigeants de l'entreprise afin que chacun en soit informé et à-même de les contextualiser par rapport aux enjeux de l'entreprise.

Recommandation n°7

Après avoir conduit en interne une analyse prospective énergie-climat, en tirer une version synthétique susceptible d'être rendue publique (sans divulguer de choix stratégiques confidentiels, ni prendre d'engagements sur des supports qui, par nature, ne s'y prêtent pas).

C'est-à-dire publier (en accord avec les recommandations de la TCFD et les nouvelles lignes directrices « climat » de la Commission européenne sur le *reporting* extra-financier) :

- une description du processus d'analyse par scénario mis en œuvre ;
- une synthèse des narratifs des scénarios étudiés et leurs résultats décrivant la résilience des actifs, du modèle d'affaires et les opportunités pressenties.

3

Enjeux énergie-climat, de quoi parle-t-on ?

Les transformations liées aux enjeux énergie-climat d'atténuation et d'adaptation sont marquées par leur **ampleur et leur incertitude**. Faute de pilotage, ces transformations seront pour partie subies, et pourraient intervenir d'une manière chaotique à travers des ruptures profondes d'ordres technologique, politique, diplomatique, économique et sociale. Celles-ci constituent une menace pour la **stabilité du système socio-économique mondial**.

A. Un futur incertain, des risques à fort impact potentiel	17
1. L'énergie, principale clef de la problématique climatique	17
2. Risques de transition et risques physiques	18
3. Budget carbone	19
B. La transition bas-carbone pourrait être désordonnée et incertaine	20

A

Un futur incertain, des risques à fort impact potentiel

1 L'énergie, principale clef de la problématique climatique

Les enjeux soulevés par le changement climatique et son impact sur la société n'ont jamais été aussi prégnants.

Il existe aujourd'hui un consensus général en ce qui concerne la source de ces bouleversements. C'est l'émission de quantités croissantes de « gaz à effet de serre » (GES) et l'accroissement de leur concentration dans l'atmosphère qui alimentent le réchauffement climatique dans des proportions alarmantes.

Les conséquences de ce phénomène physique sont connues depuis longtemps : au-delà des découvertes d'Arrhenius qui remontent à la fin du XIX^{ème} siècle, elles suscitaient déjà des inquiétudes scientifiques dès 1953¹, de larges préoccupations collectives depuis la fin des années 1960², et de quasi-consensus depuis le sommet de Rio en 1992.

Entre 1876 et 2017, ce sont près de 2 220 GtCO₂ qui ont été rejetées dans l'atmosphère (sur un total de l'ordre de 3 000 GtCO₂, budget qui permettrait de limiter le réchauffement à 2°C ; voir partie 3.A.3, p19) entraînant un réchauffement de l'ordre de 1°C au-dessus des niveaux préindustriels³. Si le taux d'augmentation des températures actuel se maintient, le réchauffement planétaire devrait être de l'ordre de 1,5°C d'ici 2040⁴.

Les émissions de CO₂, qui culminent en 2017 à près de 42 milliards de tonnes de CO₂⁵ (hors autres gaz du protocole de Kyoto⁶) peuvent être décomposées en trois catégories :

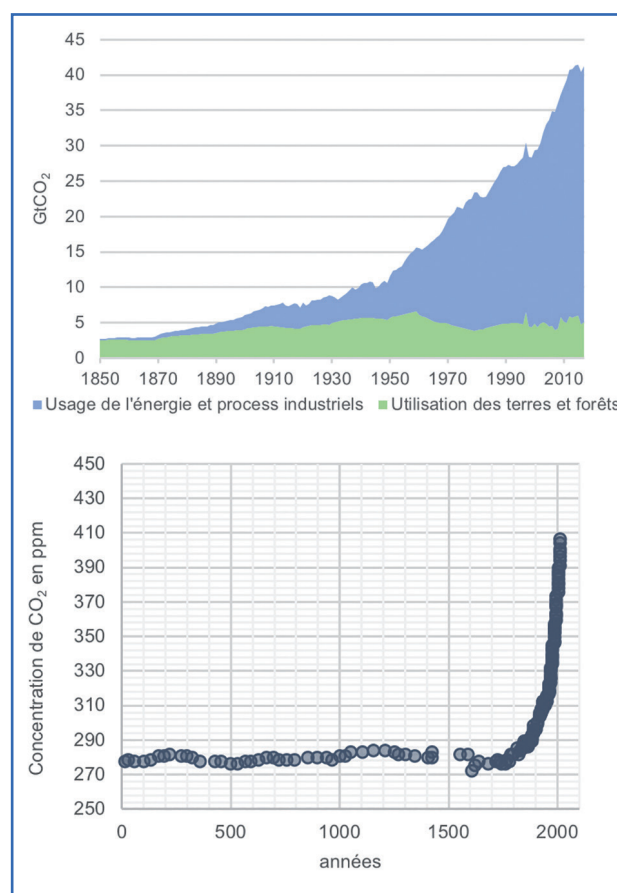
1. les émissions énergétiques (i.e. production de chaleur

par combustion) sont les plus importantes et représentent près de 35 GtCO₂/an.

2. les émissions industrielles non-énergétiques qui recouvrent les émissions liées aux process industriels (production de ciment⁷, chimie lourde, etc.) et qui représentent de 2 à 3 GtCO₂/an GtCO₂⁸.

3. les émissions liées à l'occupation des terres qui représentent près de 5 GtCO₂/an⁹.

Figure 1 : Évolution des émissions de CO₂ atmosphérique depuis 1850 jusqu'à aujourd'hui, par source (en haut) et évolution de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère depuis le début de l'ère moderne jusqu'à 2019 (en bas).



Source : Global Carbon budget et Scripps CO₂ Program

1 - "Energy in the future" by Palmer Cosslett Putnam, consultant to the United States Atomic Energy Commission, 1953

2 - "The Historical Roots of Our Ecologic Crisis" by Lynn White, Jr. - Science, 1967

3 - Voir chapitre 2 du Rapport spécial 1.5°C, GIEC (2018), figure 2.3, p105

4 - Ibidem

5 - Ibid. p107

6 - Les 6 gaz du protocole de Kyoto sont : CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs and SF₆

7 - La calcination du calcaire qui intervient dans le processus de fabrication du clinker (principal constituant du ciment) consiste à transformer du calcaire (carbonate de calcium ou CaCO₃) en chaux (CaO). Elle entraîne chimiquement la formation de CO₂. Les émissions non-énergétiques annuelles de CO₂ associées à la production de ciment s'élevaient en 2010 à 1,4 GtCO₂. Voir le 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC chap10, p749.

8 - Les émissions annuelles de CO₂ associées aux process industriels (non-énergétiques) s'élevaient en 2010 à 2,6 GtCO₂. Voir le 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC chap10, p.749.

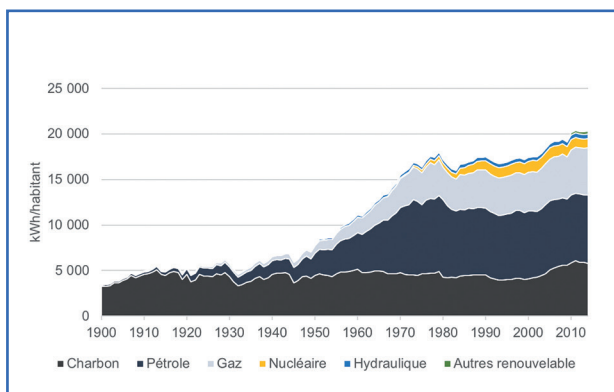
9 - La mesure des émissions de CO₂ liées à l'agriculture ou à l'occupation des sols présente des incertitudes. Elles seraient de l'ordre de 5 GtCO₂/an +/- 2,5. Voir « Global Carbon Budget 2018 », Le Quéré et al. (2018).

Le paramètre « énergétique » a été et demeure un facteur essentiel de développement des sociétés. Par définition, l'énergie est la grandeur physique qui mesure le « changement d'état d'un système ». Autrement dit, lorsqu'un système se transforme, il nécessite l'utilisation d'énergie. La quantité d'énergie mobilisée caractérise le degré de cette transformation. C'est, entre autres, le cas des changements de température, de forme, de vitesse, ou de composition chimique.

Or, en première approximation, une société humaine peut être considérée comme un système qui extrait, transforme, travaille, et déplace des ressources minérales ou biologiques puisées dans l'environnement, afin de produire les biens et les services que les individus consomment pour satisfaire leurs besoins.

Dès lors, la découverte puis l'usage croissant d'énergie primaire¹⁰ notamment via des « convertisseurs » capables de la transformer en énergie mécanique (machine à vapeur, moteur à combustion interne, turbines, etc.) – ainsi que l'augmentation de tous les flux physiques qui sous-tendent les activités de production – ont joué un rôle de premier ordre dans l'accroissement de la productivité du travail et dans l'expansion économique, sociale et démographique des sociétés humaines.

Figure 2 : Consommation d'énergie primaire par habitant dans le monde de 1900 à 2015 (hors bois).



Source : TSP data portal et UN statistics division

Cette expansion s'est accélérée mondialement au XIXème siècle grâce à la découverte puis l'usage massif des énergies fossiles dans tous les secteurs de l'économie, de l'agriculture à l'industrie, en passant par le transport. Au cours de l'année 2016 par exemple, près de 13 760 Mtep d'énergie primaire ont été consommées dans le monde,

10 - L'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation.

dont 32% de pétrole, 22% de gaz et 27% de charbon¹¹.

Depuis près de 200 ans, nos sociétés ont dimensionné leur développement sur une abondance d'énergie inédite d'origine fossile. La production d'électricité, l'activité industrielle (métallurgie, cimenterie et chimie essentiellement), l'aménagement du territoire, le commerce avec le raccourcissement des distances et du temps, l'augmentation des rendements agricoles, mais aussi les avancées sociales (confort matériel, progrès sanitaires, éducation, sécurité, tourisme de masse, etc.), et plus récemment le numérique¹² ont été rendues possibles par cette abondance.

La problématique climatique relève pour cette raison d'une difficulté et d'une complexité particulières. Elle est intimement liée au recours aux énergies fossiles qui permettent jusqu'ici aux économies modernes de fonctionner et de se développer.

NB : Nous aurons désormais recours à l'expression « enjeux énergie-climat » pour résumer cet aspect.

2 Risques de transition et risques physiques

Pour le système économique et ses différents acteurs, les enjeux énergie-climat se manifestent sous la forme de risques de deux natures¹³.

Les risques de « transition » recouvrent l'ensemble des risques associés à la restructuration profonde du système économique induite par l'évolution du mix énergétique, lui-même contraint par la réduction des émissions de CO₂ dans l'atmosphère. La transition vers un système économique faiblement émetteur de CO₂ implique une transformation profonde du système de **production** et de **consommation d'énergie** (l'appareil industriel et les modes de vie demeurent aujourd'hui dimensionnés sur l'usage des hydrocarbures). Cette transformation affectera la plupart des flux physiques (d'énergie, de matières premières, de

11 - Voir IEA statistics. Les mix énergétiques des principales économies du monde sont principalement composés d'hydrocarbures (74% dans l'Union européenne, 81% dans les pays de l'OCDE, 88% en Chine, 92% en Inde et 86% aux Etats-Unis en 2015).

12 - L'économie dite « dématérialisée » est également fortement consommatrice de ressources transformées, et n'est possible que dans un monde très consommateur d'énergie. Voir rapport « Lean ICT : Pour une sobriété numérique », The Shift Project (oct. 2018)

13 - Voir notamment le désormais célèbre discours de Mark Carney au Lloyds de septembre 2015.

biens). Elle concernera directement ou indirectement tous les secteurs de l'économie.

Les risques « physiques » sont quant à eux associés aux *conséquences physiques* du changement climatique, tels que l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques extrêmes, l'élévation du niveau des mers, certains défis à la santé publique ou encore le bouleversement du débit de fleuves. Ces phénomènes pourraient très significativement perturber le système économique, en particulier les activités de production et les chaînes d'approvisionnement. Les récentes tractations autour de l'ouverture de nouvelles routes maritimes dans l'océan Arctique¹⁴ ou encore la faiblesse du niveau du Rhin à l'automne 2018¹⁵, sont des exemples de risques (ou d'opportunités) impliquant les flux de matières et de biens.

La matérialité de ce risque est l'objet de travaux de plus en plus nombreux et précis – émanant d'instances scientifiques et politiques internationales, ainsi que désormais de secteurs d'activité tels que celui de l'assurance, ou de certaines industries – tant sur les perspectives d'impacts que sur l'adaptation et la résilience des organisations et des institutions (Etats, entreprises etc.).

Ces risques se distinguent d'autres types de risques notamment par les aspects suivants :

- leur caractère inédit, et dès lors l'impossibilité d'utiliser des valeurs historiques pour les prévoir et les appréhender voire valider toute modélisation (*back-testing*) ;
- leur ampleur et leur caractère global et irréversible (ces risques affecteront d'une manière plus ou moins directe tous les secteurs de l'économie et notamment le secteur financier) ;

- l'incertitude associée à leur horizon d'occurrence, à leur diffusion et à leur manifestation ;
- la dépendance (partielle) de leur ampleur compte tenu des actions décidées dès aujourd'hui.

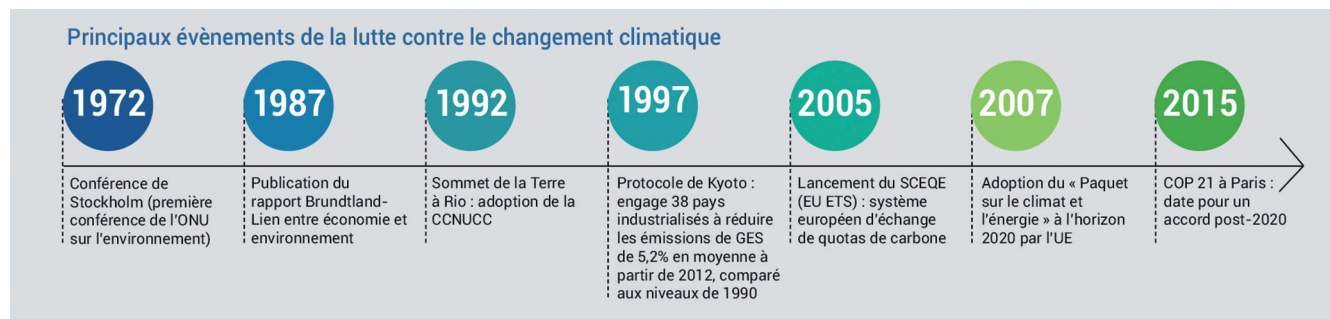
3 Budget carbone

La mobilisation progressive, résultant de la volonté d'atténuer et de gérer le risque climatique, a abouti à la signature de l'Accord de Paris en décembre 2015. Dans le cadre de cet Accord, les pays signataires se sont engagés à agir afin de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète bien en-deçà de 2°C et de poursuivre l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5°C.

La limitation du réchauffement climatique bien en-deçà des 2°C par rapport à l'époque préindustrielle, est un objectif qui s'est progressivement imposé dans les discussions internationales.

Compte tenu de la forte relation qui lie le taux de concentration de GES dans l'atmosphère et l'élévation de la température moyenne, la fixation d'une telle limite de réchauffement implique, par construction, l'allocation d'un **« budget carbone »**. Il s'agit de la quantité totale de GES qu'il est possible d'émettre pour maintenir leur concentration dans l'atmosphère en-deçà d'un certain taux correspondant à la limite de réchauffement visée.

Figure 3 : Principaux événements de la lutte contre le changement climatique



14 - « Estimation de l'impact des nouvelles routes polaires sur la géographie du commerce mondial » CEPII (oct. 2018).

15 - « Les niveaux d'eau du Rhin deviennent « critiques » pour la navigation et l'industrie ». L'Alsace (31/10/2018). La faible navigabilité du Rhin serait en partie à l'origine du ralentissement économique en Allemagne. Voir "Europe's mightiest river is drying up, most likely causing a recession in Germany. Yes, really.", Business Insider France (22/01/2019).

Les experts du GIEC estiment, dans le rapport spécial 1.5°C (SR15) publié en 2018, que le budget CO₂ permettant de maintenir le réchauffement **au-dessous de 2°C avec 66% de chance**, est en 2018 de **1170 GtCO₂**¹⁶ (1500 GtCO₂ pour 50% de chance). Le budget CO₂ permettant de maintenir le réchauffement **au-dessous de 1.5°C avec 66% de chance**, est quant à lui, de **420 GtCO₂** (580 GtCO₂ pour 50% de chance).

B

La transition bas-carbone pourrait être désordonnée et incertaine

La lutte contre le réchauffement climatique se heurte à la « tragédie des horizons¹⁷ ». La matérialité des risques énergie-climat n'est pas encore suffisamment perçue par les acteurs économiques, qui se trouvent confrontés au classique dilemme du prisonnier¹⁸. Cela conduit à retarder l'action favorisant ainsi l'émergence de politiques de réduction d'émissions de GES plus brutales ou radicales à l'avenir (pour compenser le retard).

La réduction de la consommation d'hydrocarbure implique des transformations très lourdes (usage de l'énergie, système productif, aménagement du territoire, etc.). Le système économique actuel a été dimensionné par l'abondance d'hydrocarbures : cette situation entraîne *de facto* un grand nombre de « dépendances organisationnelles » qui pourraient nécessiter un temps, des ressources et un engagement de la puissance publique considérables pour être levés. Ces dépendances pourraient globalement retarder l'action, et par ailleurs générer des réactions sociales fortes.

La dynamique du changement climatique est complexe et sa modélisation demeure marquée par des incertitudes

16 - Voir chapitre 2 (table 2.2) du « Rapport spécial 1.5°C », GIEC (2018). Ce budget ne couvre que les émissions de CO₂ énergétiques et non-énergétiques, mais son calcul tient compte des émissions des autres GES (principalement méthane et protoxyde d'azote). Voir section 2.2.2.2. p106. Les auteurs précisent que de nombreuses incertitudes sur sa valeur (qui s'élevaient à plusieurs centaines de GtCO₂) demeurent.

17 - Cette expression caractérise le décalage entre l'horizon d'occurrence perçu des risques climat et l'horizon de gestion des organisations, notamment financières. Elle est évoquée par Mark Carney, Gouverneur de la Banque d'Angleterre, dans un discours prononcé au Lloyds de Londres en 2015.

18 - Tant que le coût des externalités reste bas, un acteur peut même se causer un « désavantage compétitif » en étant « vertueux trop tôt » par rapport à ses concurrents.

importantes. Si les nombreux travaux des chercheurs du GIEC permettent d'estimer comment le changement climatique pourrait affecter les écosystèmes naturels et humains (groupe de travail n°1 et 2), de telles estimations sont sujettes à des incertitudes (notamment en ce qui concerne la localisation, l'ampleur ou encore la fréquence de ces changements), ce qui complexifie la réalisation de prévisions des manifestations physiques du changement climatique¹⁹ (Hallegate, 2008).

Par ailleurs, les conséquences de ces manifestations (et leur diffusion), notamment socio-économiques, sont également difficilement prévisibles. La faillite soudaine de PG&E après les incendies en Californie en 2017 et 2018 est un exemple parmi d'autres²⁰.

L'environnement commercial et géopolitique est en plein bouleversement. Le contexte de guerre tarifaire affectant le commerce international²¹ (inimaginable il y a encore trois ans malgré les difficultés qui affectent l'OMC), le Brexit et l'orientation de la politique étrangère de plusieurs Etats (beaucoup moins « multilatérale ») sont autant d'éléments qui pourraient entraver la coopération internationale sur le sujet climat et introduire encore davantage d'incertitudes. La potentielle instauration de taxes carbone aux frontières²², mais aussi les difficultés rencontrées par les gouvernements pour instaurer un signal prix carbone croissant (notamment en France avec l'arrêt du gouvernement sur la poursuite de l'augmentation de la taxe carbone), semblent pointer dans le sens d'un recours croissant des Etats à des mécanismes de réglementation établis potentiellement brutalement et de manière non-coordonnée avec leurs partenaires²³.

19 - Dans les rapports d'évaluation publiés par le GIEC, les rédacteurs adjoignent leurs conclusions de formulation du type « medium evidence » ou « high confidence » etc. Voir par exemple le rapport spécial 1.5°C (2018).

20 - PG&E Corp, propriétaire de la plus importante compagnie électrique des Etats-Unis par le nombre de clients, s'est déclarée en faillite en janvier 2019, écrasée par fardeau financier de feux de forêt en 2017 et 2018. Le titre de PG&E était considérée « investissable » par les agences de notation financière jusqu'en novembre 2018, date à partir de laquelle la note de crédit de l'entreprise a été rapidement dégradé jusqu'à son dépôt de bilan. Voir par exemple le site web de Moody's.

21 - Voir « Avis de tempête sur le commerce international : quelle stratégie pour l'Europe », Conseil d'analyse économique (2018)

22 - Voir « Initiative pour l'Europe - Discours d'Emmanuel Macron pour une Europe souveraine, unie, démocratique. » (septembre 2017). Voir également « How to design carbon taxes », The Economist (18/08/2018)

23 - Voir également « The material scenario of potential carbon border taxes », Beyond ratings (juillet 2019) : « To put it simply, the development of carbon border tariffs is a scenario to consider in the fundamental analysis of sovereign and corporate assets. It is, of course, uncertain (as illustrated for example by the recent trade deal between the EU and Mercosur), but it deserves attention as its impacts could be significant for investors. If climate issues are more integrated in trade in the future, there will unavoidably be losers and winners. Such changes could be more or less progressive or non-linear, strong or moderate, but they would be meaningful. »

4

La chaîne de valeur des entreprises sera affectée par les enjeux énergie-climat

Les activités de la plupart des entreprises, ainsi que les marchés sur lesquels elles opèrent, dépendent de déterminants physiques (quantité d'énergie consommée, flux de matières premières, parc de véhicules, m² construits ou rénovés, etc.), qui seront affectés par le changement climatique et la transition bas-carbone.

Certains secteurs seront affectés plus que d'autres. La plupart des entreprises n'ont pas une vision claire de la façon dont leur chaîne de valeur sera affectée.

A. Déterminants physiques de l'activité des entreprises	23
B. Identifier les déterminants physiques	24

A

Déterminants physiques de l'activité des entreprises

La chaîne de valeur et les activités des entreprises reposent sur des déterminants physiques.

D'une manière générale, le processus de création de valeur d'une entreprise suit les étapes suivantes :

1. Approvisionnement en matières premières et en biens à transformer (chaîne d'approvisionnement) ;
2. Transformation des intrants en utilisant de la main d'œuvre et des capacités de production consommant de l'énergie et des matières premières (activité de production) ;
3. Distribution des produits transformés (chaîne de distribution) vers un marché final pour servir une demande.

Parce que **ces activités consistent à déplacer, chauffer, transformer, etc., celles-ci reposent nécessairement, à des degrés divers, sur des déterminants « physiques²⁴ »** tels que la main d'œuvre disponible, la quantité d'énergie finale utilisée, la quantité de matières premières (ou de produits transformés intermédiaires), la disponibilité et la capacité des machines ou des infrastructures et les flux de transport qui acheminent ou distribuent les biens et matériaux que l'entreprise achète ou vend.

La **structure des marchés** sur lesquels l'entreprise vend les biens et services qu'elle produit ou des marchés sur

lesquels elle s'approvisionne, repose aussi à des degrés divers sur des déterminants physiques qui influencent leur taille et leur dynamisme²⁵. Par exemple, le flux de passagers utilisant le transport aérien, pourrait affecter la demande des produits commercialisés par un sous-traitant d'un constructeur d'avions de ligne.

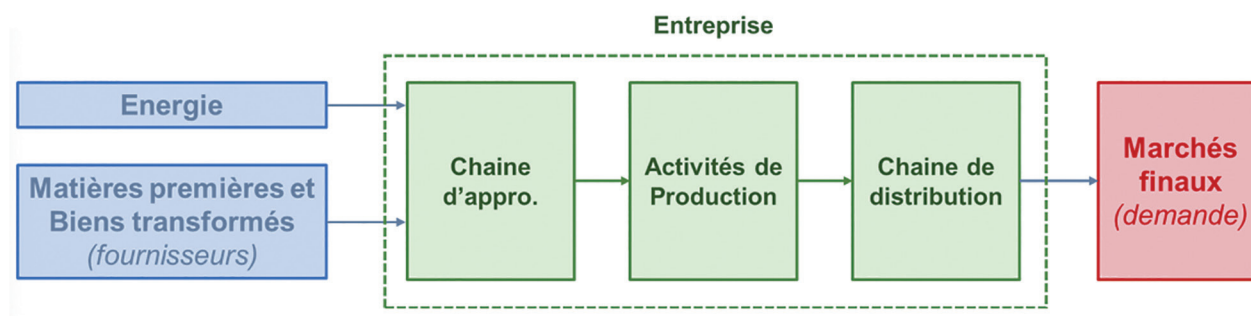
La nature de ces déterminants est très variable et dépend de l'entreprise, de son secteur d'activité, de sa localisation géographique et de celle des marchés sur lesquels elle intervient. Leur point commun est de s'inscrire dans la « réalité physique du monde ». En d'autres termes, ces déterminants sont contraints par certaines limites. Par exemple, la conception de terminaux numériques (téléphones, ordinateurs, etc.) nécessite des métaux rares dont la disponibilité est par nature limitée. La taille du flux de métaux rares conditionne directement la production des terminaux numériques.

Les déterminants physiques seront affectés structurellement par la transition bas-carbone et le changement climatique.

La transition vers un système économique faiblement émetteur de CO₂ ou l'adaptation aux changements climatiques impliquent **des transformations profondes du système de production et de consommation d'énergie** (notamment de l'appareil industriel et des particuliers, aujourd'hui dimensionnés sur l'usage d'hydrocarbures).

Ces transformations sont marquées par de nombreuses incertitudes et interdépendances, par l'accélération du changement dans certains domaines (technologies numériques, réseaux sociaux, etc.) et l'accentuation des inerties dans d'autres (démographie, etc.), ou encore par l'irruption potentielle de ruptures (technologique, politique,

Figure 4 : Schéma simplifié de la chaîne de valeur d'une entreprise



24 - Un déterminant physique caractérise une grandeur qui se compte en unités physiques (de poids, de volume, de débit, etc.) et non en euros ou en dollars. Le prix d'un bien ou service n'est pas un déterminant physique, alors que la quantité de produits vendus en est un.

25 - Le volume de la population ou le nombre de consommateurs, la capacité des infrastructures, les flux de passagers ou de fret, la surface de bâtiments construite, les flux d'énergie finale, de matières premières ou encore de matériaux et/ou de biens transformés sont des déterminants physiques.

géopolitique, réglementaire, fiscale, sociale, financière).

Ces transformations sont de plusieurs natures (démographique, sociétale, économique et commerciale, politique, environnementale, diplomatique, technique, etc.) et **affecteront significativement l'ensemble des déterminants physiques** évoqués précédemment pour une raison très simple : **la plupart de ces flux dépendent de l'utilisation d'énergie**. Changer le système énergétique, c'est donc aussi en grande partie changer les déterminants physiques.

Par exemple, l'évolution des contraintes sur l'usage d'hydrocarbures pourrait transformer la structure des flux de déplacement (trajet plus court, report modal vers des modes décarbonés ou transports en commun, etc.). Les actions visant à limiter les émissions de CO₂ (dispositifs réglementaires et fiscaux, mécanismes de marché) affecteront la disponibilité de certains matériaux « carbonés » (tels que le ciment, l'acier, le verre, le plastique, la chimie, etc.), parfois peu substituables, dont sont dépendants certains secteurs de l'économie.

Leur occurrence renforce le besoin pour les entreprises **d'identifier la dépendance de leurs activités et de leurs marchés à ces transformations**.

B

Identifier les déterminants physiques

Les entreprises peuvent identifier la dépendance de leurs activités et de leurs marchés aux transformations induites par le changement climatique et la transition bas-carbone.

Les chaînes d'approvisionnements et de distribution ainsi que les activités de production reposent essentiellement sur **la disponibilité des matières premières et le bon fonctionnement de l'appareil de production**²⁶. La réalisation d'un **bilan carbone** peut aider à identifier de quelles variables dépendent ces activités.

26 - La faiblesse du niveau du Rhin a ainsi eu un impact significatif sur les revenus de BASF : « In the second half of the year, low water levels on the Rhine River posed a particular challenge for us. At the Ludwigshafen site, at times we were unable to receive any deliveries of raw materials via inland waterways. Consequently, we were forced to reduce capacity utilization at our plants. This alone reduced our earnings by around €250 million. » BASF Report 2018, p.8.

Exemples de vulnérabilités des activités d'une entreprise liées aux « enjeux de transition »

Disponibilité de matières premières à fort contenu en carbone ou en énergie grise, ou encore menacées d'épuisement.

Disponibilité d'un combustible ou d'un matériau difficilement substituable dans le processus de production.

Dépendance de l'entreprise envers des fournisseurs « exposés ».

Dépendance aux énergies fossiles de la logistique d'approvisionnement ou de distribution.

Exemples de vulnérabilités des activités d'une entreprise liées à l'impact physique du changement climatique

Rupture d'approvisionnement d'un fournisseur affecté.

Sensibilité des opérations de l'entreprise aux vagues de chaleur.

Sensibilité des opérations de l'entreprise aux épisodes de sécheresse (notamment pour l'utilisation de système de refroidissement à l'eau).

Sensibilité des opérations de l'entreprise à la navigabilité des principaux axes fluviaux (niveau de profondeur)*.

Sensibilité des opérations de l'entreprise à l'augmentation du niveau des mers.

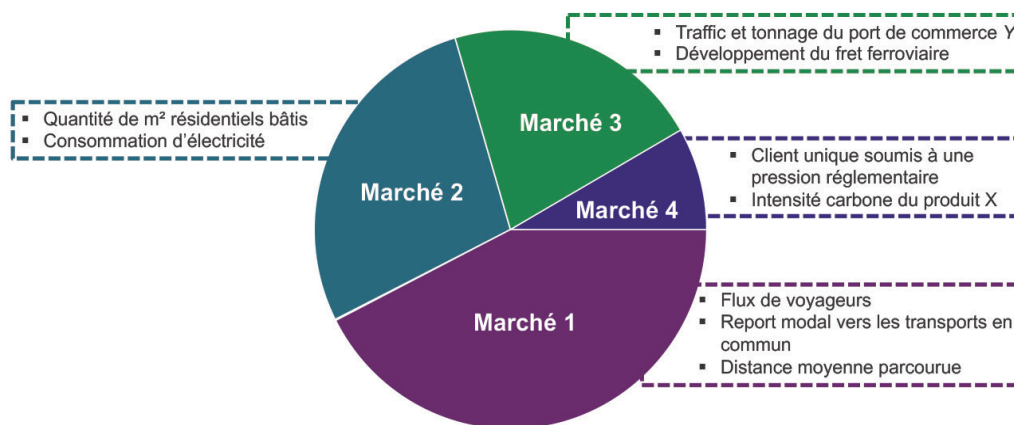
La dépendance de la demande en produits ou services vendus par l'entreprise nécessite une analyse plus approfondie. Une entreprise dispose d'un portefeuille de produits et services pour satisfaire une demande sur un ou plusieurs marchés.

La première étape consiste à décomposer la demande pour chaque produit et service commercialisé par l'entreprise selon les différents marchés finaux (sectoriels et géographiques). Cet exercice d'analyse est assez commun et déjà réalisé par certains départements de l'entreprise.

La seconde étape consiste à identifier, pour chaque marché et en première approximation, les principaux déterminants physiques sur lesquels reposent la demande pour chacun des produits ou services vendus par l'entreprise.

Enfin, la troisième étape consiste à identifier parmi ces déterminants, ceux qui pourraient significativement évoluer dans l'avenir compte tenu des contraintes associées aux enjeux énergie-climat. C'est par exemple le cas de déterminants physiques carbonés (par exemple, le volume de fret maritime) ou exposés aux impacts physiques du changement climatique (par exemple, le volume de fret fluvial).

Figure 5 : Exemple de décomposition de la demande pour les produits d'une entreprise selon ses marchés et exemples de déterminants physiques.



Plusieurs entreprises ont déjà adopté une telle approche par le passé, hors enjeux énergie-climat. C'est le cas par exemple de l'entreprise Hermès au début du XX^{ème} siècle²⁷. Spécialisée à ce moment dans la conception/fabrication d'articles d'équitation (notamment les scelles en cuir et les casaques en soie), l'entreprise, sous l'impulsion de ses deux directeurs (Adolphe et Emile-Maurice Hermès), s'est progressivement repositionnée sur la fabrication d'articles de bagagerie (notamment en cuir). Ce repositionnement est en grande partie liée à l'évolution de déterminants physiques :

- Le report modal massif du transport équestre vers la voiture à moteur thermique en plein essor et, dès lors, la réduction progressive de la demande en article d'équitation;
- Le développement des transports de masse et l'accroissement très important du nombre de voyageurs.

Certains secteurs d'activité pourraient être plus vulnérables que d'autres.

Si l'économie dans son ensemble sera affectée, certains secteurs d'activité sont plus exposés que d'autres aux enjeux énergie-climat. La TCFD identifie cinq secteurs exposés (voir partie 9.A.1, p97). Ces secteurs sont ceux pour lesquels les activités et les marchés pourraient être les plus affectés.

Les agences de notation financière adoptent également une approche sectorielle des enjeux énergie-climat (voir partie 10.C.1, p.114).

27 - Voir « Hermès : les secrets d'un géant du luxe », entreprendre.fr (2014)

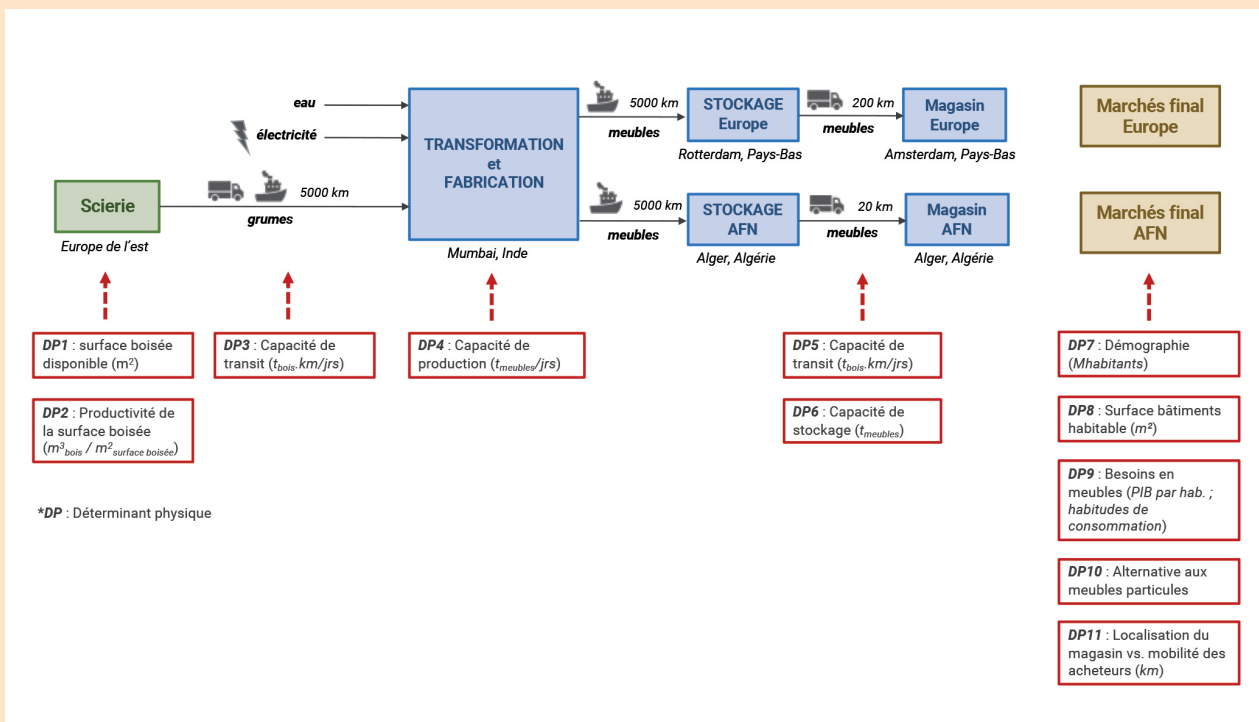
Encadré 1 : Exemple d'identification de la dépendance des activités d'une entreprise aux transformations induites par les enjeux énergie-climat

Soit une entreprise λ , spécialisée dans la fabrication et la distribution de meubles en panneau de particules de bois (cuisine, bureau, etc.). Cette entreprise est présente sur deux marchés principaux : l'Europe et l'Afrique du Nord. Elle s'approvisionne en grumes en Europe de l'est qu'elle transforme sur un site de production situé en Inde dans la région de Mumbai et qu'elle distribue ensuite dans deux magasins situés à Amsterdam et à Alger. En dehors du bois, le processus de production nécessite essentiellement de l'électricité et de l'eau.

Les déterminants des activités de l'entreprise λ et de sa demande (cf. encadrés en rouge ci-dessous) peuvent être

affectés par les enjeux énergie-climat. Par exemple, la surface boisée disponible (DP1) peut être affectée par des feux de forêt liés à des périodes de sécheresse plus intenses et fréquentes. Le besoin en meubles peut être affecté par l'évolution des modes de vie (consommer ou non) dans les régions où les points de vente de l'entreprise sont installés. La localisation des points de vente (connexion au réseau de transports en commun par exemple). Enfin, compte tenu des grandes distances parcourues par les différents produits de l'entreprise et des modes de transport utilisés (carbonés), l'introduction d'une réglementation contraignante sur le contenu en carbone des produits vendus pourrait perturber les flux.

Figure 6 : Décomposition simplifiée de la chaîne de valeur de l'entreprise λ et principaux déterminants de ses activités.





5

L'analyse prospective par scénario

L'analyse **prospective** par scénario est une **méthode utilisée** par plusieurs acteurs, qui consiste notamment à **confronter une organisation à plusieurs futurs différents**. Appliquée aux enjeux énergie-climat, elle offre des avantages pour en évaluer les risques et les opportunités associés. Cette méthode éclaire la réflexion stratégique de l'entreprise face à l'incertitude des mutations socio-économiques profondes liées aux enjeux énergie-climat et à l'émergence de non-linéarités, voire de potentielles ruptures.

L'engagement des dirigeants de l'entreprise et l'implication des directions opérationnelles, sont essentiels pour le succès de la mise en œuvre d'une analyse prospective des enjeux énergie-climat.

A. En quoi consiste l'analyse prospective par scénario ?	29
1. La prospective : une méthode pour anticiper et agir.....	29
2. Qu'est-ce qu'un scénario ?	31
B. Un outil efficace pour évaluer les enjeux énergie-climat.	33
C. Suggestion de processus d'analyse prospective par scénario	34
D. La clé du succès : l'implication de la direction de l'entreprise	36

Lorsqu'il s'agit de construire leur plan stratégique, les entreprises adoptent une démarche qui relève le plus souvent de la prévision « tendancielle » qui ne permet pas de saisir les enjeux énergie-climat auxquels elles pourraient avoir à faire face à leur juste mesure.

La plupart des entreprises réalisent un plan stratégique afin de structurer leurs activités et leurs investissements futurs à moyen terme (l'horizon de temps considéré varie selon les secteurs, mais excède rarement 5 ans en moyenne).

Sa construction s'inscrit la plupart du temps dans une démarche analytique qui consiste à **anticiper l'évolution de résultats financiers de l'entreprise** (chiffre d'affaires, résultat net, EBITDA, flux de trésorerie, rentabilité des capitaux propres, besoin de financement, etc.) à partir de l'évolution de paramètres clés du modèle d'affaires de l'entreprise (demande, prix des intrants nécessaires à l'activité de l'entreprise, prix de vente des produits/services commercialisés, fiscalité, variables macro-économiques, etc.).

L'évolution de ces paramètres clés est généralement estimée à partir d'un ensemble de données relativement hétérogènes (études de marché, études de cabinets de conseil spécialisés, prévision d'institutions économiques et financières) et souvent sans cohérence les unes avec les autres.

La déstabilisation du système économique et financier induite par les enjeux énergie-climat, qu'une telle approche ne permet pas de cerner dans son ensemble (données disparates et sans cohérence entre elles), pourrait mettre en exergue ses vulnérabilités.

Pour réduire ces vulnérabilités, de nombreuses entreprises ont intégré un prix du carbone²⁸, dans le calcul de rentabilité de leurs investissements, ou d'évolution de leurs marges, mais n'intègrent ainsi qu'une partie des enjeux énergie-climat.

L'introduction d'un **prix du carbone** par les entreprises est une démarche positive à beaucoup d'égards et une véritable avancée. Toutefois, cette approche ne permet de prendre en compte **qu'une partie de l'ensemble des transformations profondes du système socio-économique.**

L'évolution des modes de vie, des comportements et l'impact associé sur la demande pour les produits et services commercialisés par l'entreprise, l'évolution des modes de transports et les coûts associés, la redéfinition des règles

du commerce mondial, la réorganisation du système de production ou encore l'impact d'événements climatiques extrêmes plus fréquents, sont autant d'éléments qu'un prix interne du carbone ne permet pas d'intégrer seul.

Les directions d'entreprise ont besoin de comprendre en profondeur comment leur environnement d'affaires évoluera à un horizon de temps donné sous l'effet des enjeux énergie-climat afin de prendre aujourd'hui les décisions stratégiques permettant d'assurer la pérennité de l'entreprise.

A

En quoi consiste l'analyse prospective par scénario ?

1 La prospective : une méthode pour anticiper et agir

La prospective (ou l'analyse prospective) regroupe un ensemble de méthodes qui vise à aider à la réflexion stratégique d'une organisation alors que l'avenir est très incertain et marqué par l'évolution d'enjeux complexes ou interdépendants.

Ces méthodes permettent notamment d'**anticiper** l'évolution de ces enjeux et de contribuer au sein d'une organisation à l'élaboration de **stratégies d'adaptation** (ou de transformation) visant à en prévenir les risques et à saisir toutes les opportunités quelle que soit leur issue.

Le développement d'un tel corpus de méthodes a été influencé par l'usage qu'en ont fait de nombreux acteurs de natures différentes, tels que les forces armées et les administrations centrales de certains États ou encore les entreprises.

Ces méthodes émergent dans l'immédiat après-guerre, au sein de structures gouvernementales, principalement militaires, dans le cadre du nouvel équilibre géopolitique issu du second conflit mondial et des problématiques sécuritaires associées (développement et prolifération d'armes de destruction massive).

28 - Le prix du carbone est parfois indexé sur le prix utilisé par certains gouvernements, ou suit parfois une évolution (croissante) estimée compatible avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Elles se diffusent progressivement au sein d'administrations civiles, notamment économiques. C'est ainsi le cas en France de la DATAR (délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale) qui met en œuvre une analyse prospective au début des années 1970²⁹.

Les entreprises, en premier lieu les groupes pétroliers, commencent à s'en emparer à partir du début des années 1970 dans un contexte de tensions internationales, notamment sur les marchés pétroliers. Les travaux remarquables du français Pierre Wack³⁰, chef du département planification nouvellement créé à la Royal Dutch Shell, ont ouvert la voie à la mise en œuvre d'une analyse prospective dans les entreprises impliquant notamment des scénarios (Mietzner and Reger, 2005).

Les méthodes d'analyse prospective pour les entreprises ont été depuis considérablement enrichies et modernisées, donnant naissance à plusieurs écoles et plusieurs approches (Bishop, Hines and Collins, 2007). Il existe historiquement en France une grande culture de la prospective, constituée sous l'impulsion du *Commissariat Général au Plan*, désormais *France Stratégie*. On remarquera les travaux de Michel Godet, (professeur au Conservatoire national des arts et métiers, titulaire de la chaire de prospective stratégique), le centre de réflexions et d'études prospectives *Futuribles*³¹ (fondé par Bertrand de Jouvenel) et sa revue, ou encore le *Centre d'étude et de prospectives stratégiques* (CEPS) et sa revue *Prospective Stratégique*.³²

Les méthodes prospectives sont nombreuses et répondent à des besoins différents.

Selon les spécificités d'une organisation (culture, histoire, taille, activités, etc.), la nature de la démarche qu'elle souhaite entreprendre (aide à la décision, orientation stratégique, conduite du changement, etc.) et les ressources dont elle dispose, la méthode de prospective et le processus mis en œuvre peuvent être très différents (i.e. se développer à des niveaux plus ou moins stratégiques, impliquer une mobilisation plus ou moins large, faire appel à des outils formels ou non, être plus ou moins consommateurs de temps, etc.). Quatre natures de démarche prospective peuvent être identifiées selon qu'elles conduisent d'une

manière directe ou indirecte à des décisions stratégiques, et selon qu'elles mobilisent un nombre important de participants (Bootz et Monti, 2008) :

- *l'aide à la décision* : démarche faisant appel à une faible mobilisation et ayant une implication indirecte sur la stratégie.
- *l'orientation stratégique* : démarche dont l'implication sur la stratégie est directe et qui mobilise un nombre restreint de participants.
- *la mobilisation* : démarche caractérisée par une forte mobilisation et une implication indirecte sur la stratégie.
- *la conduite du changement* : démarche s'appuyant à la fois sur une forte mobilisation et dont l'implication stratégique est directe.

L'analyse prospective par scénario (ou méthode des scénarios) est une méthode qui correspond globalement à l'ensemble de ces démarches. En fonction de l'approche retenue, les scénarios étudiés seront différents.

Encadré 2 : Proposition de définition de l'analyse prospective par scénario

L'analyse par scénario est une méthode de prospective qui consiste par nature à envisager des futurs possibles et à explorer les cheminements qui y conduisent en vue d'éclairer l'action (Godet, 2011) :

1. **Confronter les activités actuelles de l'entreprise à plusieurs futurs possibles et différents, décrits par des scénarios** et marqués par l'évolution des enjeux étudiés ;
2. **Identifier les risques et opportunités** pouvant affecter le modèle d'affaires de l'entreprise dans chacun de ces futurs et **évaluer la résilience de ce modèle d'affaires** (i.e. la capacité de l'entreprise à tolérer les ruptures induites par les enjeux étudiés et à s'adapter aux changements ou aux incertitudes de son environnement commercial) ;
3. **Identifier les options d'actions** permettant de saisir les opportunités et parer les risques, **et alimenter le processus de réflexion « stratégique »** propre à l'entreprise avec les résultats.

Cette dernière méthode s'approche de celle recommandée par la TCFD dans son rapport final³³ pour l'analyse des enjeux énergie-climat par les entreprises.

29 - Voir « Scénario de l'inacceptable. Une image de la France en l'an 2000 », DATAR, La documentation Française, 1971

30 - Ces travaux ont notamment permis à Shell d'anticiper les conséquences du choc pétrolier de 1973 (multiplication par 5 des prix du pétrole) et de s'adapter plus rapidement que ses concurrents. Voir Mietzner and Reger (2005).

31 - Voir site web de futuribles.

32 - Voir site web du CEPS

33 - "The purpose of scenario analysis is to consider and better understand how a business might perform under different future states (i.e., its resiliency/robustness). In this context, resiliency/robustness refers to the ability of an organization's business or investment strategy to tolerate disruptions or adapt to changes or uncertainties in the business environment that might affect the organization's performance and to remain effective under most situations and conditions." TCFD Final report (2017)

Enfin, il existe plusieurs approches pour considérer l'avenir avec lesquelles l'analyse prospective par scénario ne doit pas être confondue.

Ces aspects sont bien rappelés dans le supplément technique de la TCFD :

- *L'analyse prospective par scénario n'est pas une prévision* (de ce qui arrivera à l'entreprise). Réaliser une prévision consiste à **prédire l'avenir le plus probable**, généralement à partir de l'analyse de données historiques et de tendances. **C'est une estimation du futur assorti d'un degré de confiance.**
- *L'analyse prospective par scénario n'est pas une analyse de sensibilité*, qui, elle, consiste davantage à évaluer l'incidence de la variation d'une variable particulière sur les résultats d'un exercice de modélisation par exemple.
- *L'analyse prospective par scénario n'est pas un « stress test »*. Ce type d'analyse, élaborée par les autorités de réglementation financière, vise à évaluer les conséquences de scénarios de marché défavorables ou de chocs importants et soudains sur la stabilité du système financier, et plus particulièrement la solvabilité d'acteurs financiers (banques, assurances, etc.). On parle parfois de stress test climatique.

2 Qu'est-ce qu'un scénario ?

Les scénarios jouent un grand rôle dans la plupart des méthodes d'analyse prospective.

Un scénario est un ensemble formé par la description d'une situation future et du cheminement cohérent des événements qui permettent d'y parvenir en partant d'une situation d'origine (Godet, 2011). Cette description inclut différents éléments qualitatifs et quantitatifs dont l'évolution est cohérente dans le cadre d'un *narratif* (ou un récit) (Mietzner and Reger, 2005).

Un scénario n'est pas une description exhaustive d'un futur possible, mais recouvre un certain périmètre (thématique, géographique, temporel, etc.). Dans ce sens, **un scénario se concentre sur la description des principaux éléments qui caractérisent les enjeux étudiés** ainsi que les facteurs clés qui déterminent leur évolution³⁴.

34 - Voir supplément technique du rapport final de la TCFD, « Scenarios are not intended to represent a full description of the future, but rather to highlight central elements of a possible future and to draw attention to the key factors that will drive future developments. It is important to remember that scenarios are hypothetical constructs. »

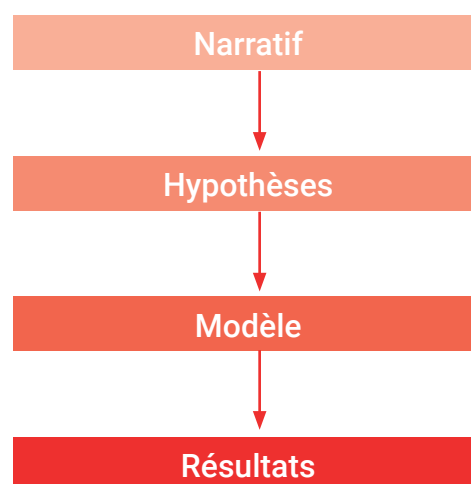
D'une manière générale, un scénario se compose de quatre éléments principaux :

Le narratif du scénario est une *description qualitative* et rédigée du futur. Cette description est généralement structurée autour de déterminants de plusieurs natures (politiques, économiques, sociaux, comportementaux, environnementaux, géopolitiques, technologiques, etc.) propres au système étudié et à son environnement, qui évoluent dans l'avenir. Le narratif est le récit du scénario. C'est le cadre qui confère une signification aux hypothèses quantitatives.

Les hypothèses (d'entrée) sont des *variables quantitatives* dont l'évolution et la valeur sont définies et connues « à l'avance ». Dans certains scénarios, la croissance de la population est généralement une hypothèse. Ces hypothèses n'ont de signification que dans le cadre du narratif.

Le modèle est une construction mathématique ou logique visant, à partir d'hypothèses d'entrée et de processus de résolution, à représenter le fonctionnement d'un système réel (le climat, l'économie d'un pays, etc.), et son évolution dans le temps. Les modèles peuvent être plus ou moins complexes et sophistiqués.

Les résultats du scénario sont l'ensemble des données quantitatives obtenues par la « transformation » des hypothèses d'entrée dans le modèle. Ces résultats dépendent donc des hypothèses d'entrée et des caractéristiques du modèle. Ils sont interprétés afin de compléter le récit du scénario.



Un scénario ne se prête pas nécessairement à des calculs précis comme on peut le faire dans d'autres domaines (physiques par exemple). **A minima, un scénario est donc constitué d'un narratif** (voir Chapitre 6, p. 38). Selon la nature du besoin et l'usage qui est fait du scénario, les éléments quantitatifs (hypothèses d'entrée, modèle et résultats) peuvent compléter le narratif.

La littérature converge sur les caractéristiques essentielles d'un scénario (Mietzner and Reger, 2005). La TCFD les rappelle dans son rapport final :

1. **Plausibilité** : les événements décrits par le scénario doivent être possibles et crédibles ;
2. **Exclusivité** : la combinaison de déterminants sur laquelle le futur décrit par le scénario repose doit être exclusive et différentiable des autres scénarios ;
3. **Cohérence** : l'interaction des éléments qualitatifs et quantitatifs décrits par le scénario doit obéir à une logique solide. Si des renversements de tendances historiques sont projetés, l'explication logique de tels renversements doit être fournie ;
4. **Pertinence** (par rapport aux enjeux étudiés) : les enjeux étudiés doivent être des éléments centraux du scénario ;
5. **Originalité** : les scénarios doivent remettre en question les visions dominantes de l'avenir et le *statu quo*.

Plusieurs spécialistes indiquent une dernière caractéristique : **la transparence**. Cela concerne notamment les méthodes utilisées, les hypothèses retenues, les raisons de leur choix, les résultats et les conclusions des scénarios (Godet, 2011).

Il existe plusieurs paradigmes pour la construction des scénarios. On distinguera notamment parmi les nombreux paradigmes existants :

- **L'approche normative ou rétrospective** (backcasting) qui procède de l'établissement en premier lieu d'un futur souhaité (qui consiste à fixer tout ou partie de l'état final du scénario) puis de la construction à rebours du cheminement qui permet d'y parvenir, afin, par exemple, d'analyser la faisabilité d'un tel cheminement et des conditions de sa réalisation.
- **L'approche exploratoire** qui consiste à décrire, à partir d'une situation présente, une suite logique d'événements conduisant à un futur possible, souhaitable ou non. Par exemple, les scénarios tendanciels (business as usual), sont des scénarios à dominante exploratoire qui décrivent la prolongation de tendances historiques.

Un scénario ne vient généralement jamais seul. Il est inclus dans une famille de scénarios dans laquelle il occupe une fonction.

Une famille de scénarios est le regroupement de scénarios sur lequel repose une analyse prospective par scénario initiée par une organisation. La structure de cette famille et les scénarios qui la composent dépendent de l'objectif et des attendus d'une telle analyse.

Au sein d'une famille de scénarios, on distingue généralement un *scénario de référence* (« *baseline* »), auquel sont comparés tous les autres scénarios de cette famille, afin d'évaluer, par exemple, les effets d'un événement ou d'une action particulière décrite dans l'un d'entre eux (voir Partie 8.D.2 : Cas de l'entreprise *South32*, p. 92). Ce scénario est le plus souvent un scénario tendanciel, ou un scénario dans lequel les changements par rapport à la situation d'origine sont limités. En ce sens, les scénarios de référence ne respectent pas le critère d'originalité évoqué précédemment (mais se doivent tout de même de respecter les autres³⁵).

Les autres scénarios d'une famille entrent dans la catégorie des scénarios dits *alternatifs* (au scénario de référence). Ces scénarios sont le plus souvent à dominante normative. Ils décrivent un futur possible et souhaitable (et le cheminement pour y parvenir) en rupture avec le scénario de référence, dans le cadre des enjeux étudiés.

Encadré 3 : Scénarios énergie-climat et scénarios 2°C

Les scénarios énergie-climat sont des scénarios qui se concentrent sur les enjeux liés à l'atténuation du changement climatique (ou enjeux de transition) et/ou aux enjeux liés à l'adaptation aux conséquences d'un tel changement.

Lorsqu'un scénario ne traite que des enjeux d'atténuation, on les appellera « **scénarios énergie-climat de transition** » ou plus simplement « **scénarios de transition** ». Ils décrivent une transformation et une réorganisation progressives du système socio-économique mondial (et de ses acteurs) conduisant à la limitation progressive des émissions de GES annuelles.

Les scénarios communément appelés « **scénarios 2°C** » (notamment les scénarios 2°C publics, voir Chapitre 8, p.54) sont des scénarios de transition pour lesquels le cumul d'émissions de CO₂ sur une période donnée est compatible

35 - On s'interrogera ainsi sur la cohérence (critère n°3) de certains scénarios énergie-climat publics (pour la plupart les scénarios de référence tels que le scénario CPS du WEO de l'IEA) qui projettent une augmentation significative des émissions de CO₂ sans pour autant en inclure les conséquences physiques du réchauffement climatique sur le système économique.

avec le budget carbone sur la même période (voir partie 3.A.3, p19). Une « trajectoire 2°C » est souvent assimilée à la projection dans le temps des émissions de GES mondiales d'un scénario 2°C.

Les scénarios 2°C combinent généralement une **approche normative** dans le sens où une consigne de température (ou d'émissions de CO₂, etc.) est imposée, avec une **approche exploratoire** dans la mesure où les caractéristiques futures des autres éléments du scénario ne sont pas fixées à l'avance.

B

Un outil efficace pour évaluer les enjeux énergie-climat

L'analyse prospective par scénario permet aux décideurs de cerner les mutations profondes de l'environnement de l'entreprise induites par les enjeux énergie-climat.

Alors que les transformations induites par les enjeux énergie-climat seront profondes et pourraient déstabiliser le système économique, géopolitique et financier, elles demeurent incertaines. Plonger l'entreprise dans plusieurs futurs possibles marqués par ces enjeux permet de confronter les décideurs à cette incertitude et de les conduire à la transformer en différentes options stratégiques (Wack, 1985).

L'intérêt de cette méthode ne réside donc pas tant dans la description précise du futur (qu'on ne cherche pas à prévoir) mais bien dans l'obtention de meilleures décisions en fonction de différents futurs possibles (Mietzner and Reger, 2005).

Les scénarios décrivent d'une manière cohérente, plausible et originale, plusieurs mutations futures de l'environnement de l'entreprise liées aux enjeux énergie-climat (environnement commercial, contexte économique, social ou politique, géopolitique, etc.). L'analyse de ces scénarios permet aux décideurs d'évaluer, dans ces environnements futurs, les forces et les vulnérabilités du modèle d'affaires de l'entreprise, d'identifier les potentielles ruptures et les signaux qui les caractérisent, et de prendre aujourd'hui les décisions stratégiques pour assurer la pérennité de l'entreprise de la manière la plus objective possible.

L'analyse prospective par scénario est un vecteur de mobilisation puissant des cadres et des collaborateurs pour adapter l'entreprise aux enjeux énergie-climat.

Les mutations de l'environnement de l'entreprise induites par les enjeux énergie-climat pourraient conduire les dirigeants à transformer certaines de ses activités et à opter pour certains repositionnements.

Au-delà de l'élargissement de la réflexion stratégique qu'elle procure aux dirigeants de l'entreprise, la réalisation d'une analyse prospective par scénario peut être une bonne occasion d'entraîner les collaborateurs de l'entreprise à une compréhension du phénomène et à l'identification de solutions pertinentes pour l'entreprise. La projection dans le futur, et la réflexion qui l'accompagne, sont un exercice stimulant qui conduit à la création d'un langage commun pour aborder les enjeux énergie-climat et facilite leur appropriation.

Plusieurs spécialistes indiquent qu'un des bénéfices principaux de l'analyse prospective résulte moins dans le rapport qui en résulte que ce qui s'est passé dans l'esprit de ceux qui ont été impliqués dans la réflexion (Godet, 2011).

Alors que la prise de conscience des enjeux énergie-climat est de plus en plus forte et que l'avenir de certains secteurs d'activité très exposés peut sembler compromis, la réalisation d'une analyse prospective par scénario, parce qu'elle projette l'entreprise dans le long terme, en la confrontant aux défis de son temps, permet de donner un sens à son avenir en mettant en évidence les opportunités qui lui permettront d'être performante dans le futur (Voir Encadré 6, p.46).

La réalisation d'une analyse prospective par scénario des enjeux énergie-climat est pertinente pour toutes les entreprises.

Comme indiqué précédemment, la plupart des secteurs d'activité (certains plus que d'autres) et des régions du monde seront affectés par les transformations induites par ces enjeux.

Selon le problème posé et les ressources de l'entreprise, cet exercice peut être plus ou moins complexe et approfondi. La TCFD considère plusieurs degrés d'analyse³⁶ :

« The Task Force recognizes that, for many organizations, scenario analysis is or would be a largely qualitative

36 - Voir « Final report : Recommendations of the Task Force on Climate related Financial Disclosures », TCFD (2017)

exercise. However, organizations with more significant exposure to transition risk and/or physical risk should undertake more rigorous qualitative and, if relevant, quantitative scenario analysis with respect to key drivers and trends that affect their operations. »

Les parties suivantes du rapport présentent des éléments méthodologiques sur lesquels une entreprise peut s'appuyer pour réaliser une analyse prospective par scénario. Enfin, de nombreuses organisations peuvent accompagner les entreprises dans la conduite d'une analyse prospective, notamment en ce qui concerne les aspects méthodologiques.

C

Suggestion de processus d'analyse prospective par scénario

S'il existe plusieurs variantes, la plupart des méthodologies d'analyse par scénario comportent une architecture relativement semblable (Mietzner & Reger, 2005).

Par construction, cette méthode repose sur des scénarios (étapes 3 et 4) qui décrivent chacun un futur exclusif, marqué par des changements profonds de l'environnement de l'entreprise. Plusieurs acteurs³⁷ interviennent tout au long du processus et produisent un certain nombre de livrables.

L'étape préliminaire au processus consiste à déterminer l'objectif de la démarche (implication sur la stratégie et nombre de participants à l'exercice) et à s'assurer du soutien de la direction de l'entreprise.

La 1^{ère} étape consiste à définir le problème à analyser, à délimiter le périmètre de l'analyse (temporel, géographique, etc.) et à formuler une ou plusieurs questions à laquelle ou auxquelles l'analyse vise à répondre.

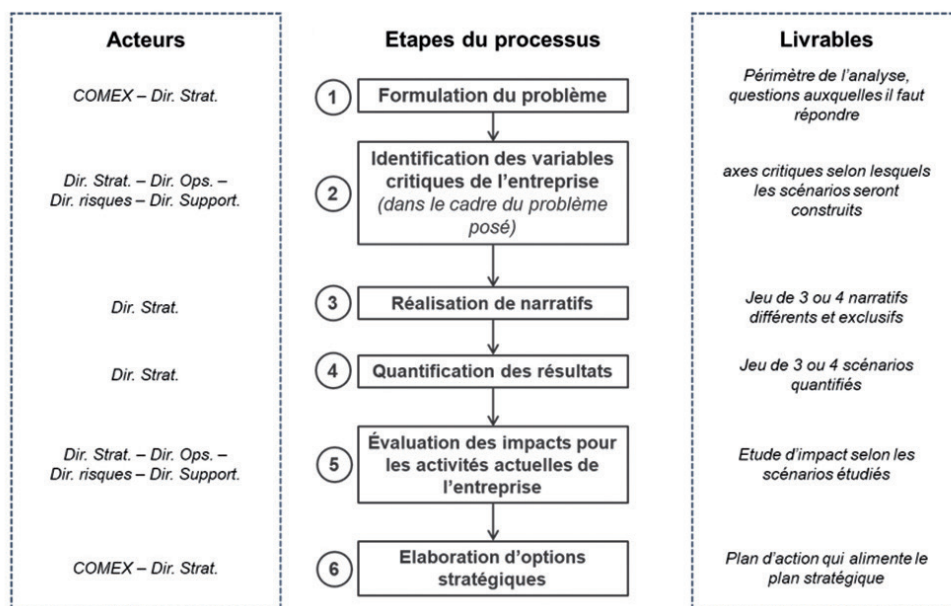
Dans le cas des enjeux énergie-climat, les questions à définir devraient :

- inclure les aspects liés à la transition énergétique, ainsi que les aspects « physiques » liés au changement climatique ;
- proposer un horizon d'analyse de long terme, compte tenu de la nature des enjeux étudiés mais aussi pour désinhiber la réflexion.

Ces questions pourraient être par exemple :

- « Quelles sont les opportunités de diversification des activités de mon entreprise dans le cas d'une évolution des

Figure 7 : Schéma simplifié du processus d'analyse par scénario (adapté de Mietzner & Reger, 2005)



37 - Par directions support, il faut comprendre, direction du développement durable, direction des achats, direction marketing et communication, etc.

marchés induite par une forte réduction des émissions de CO₂ ? »

- « *Le modèle d'affaires de mon entreprise et les actifs qu'elle détient sont-ils vulnérables dans le cas de changements climatiques majeurs ?* ».

Cette étape implique la direction de la stratégie et potentiellement le COMEX.

La 2nde étape consiste à identifier les « variables critiques » de l'entreprise dans le cadre défini à l'étape 1.

Une *variable critique* est un paramètre qui caractérise l'environnement d'une entreprise et dont l'évolution – induite par les enjeux étudiés – peut affecter sa chaîne de valeur (structure du marché, demande en biens et services vendus ; chaîne d'approvisionnement en matières premières et matériaux ; chaîne de distribution des biens et services vendus). Ces variables peuvent être de différentes natures (sociale, politique, économique, financière, technique, environnementale, etc.) et concerner l'entreprise (en particulier sa structure, ses systèmes, son management, etc.) en tant que telle ou son environnement extérieur.

Appliquées aux enjeux énergie-climat, ces variables critiques décrivent les transformations de l'environnement de l'entreprise marquées par la transition bas-carbone, ou le changement climatique, ou les deux.

Plusieurs méthodes existent pour déterminer les variables critiques de l'entreprise³⁸. Quelle que soit la méthode retenue, celle-ci devrait notamment inclure l'évaluation de la dépendance des activités de l'entreprise aux déterminants physiques (voir Chapitre 4, p. 22).

Cette étape inclut aussi l'identification des principaux acteurs de l'environnement de l'entreprise (concurrents, clients, régulateurs, etc.), leurs stratégies et les moyens dont ils disposent pour atteindre leurs objectifs.

Cette étape mobilise la direction de la stratégie, les directions opérationnelles (afin de connecter l'analyse à la réalité des opérations de l'entreprise) ainsi que certaines directions support (ex : développement durable).

La 3^{ème} étape consiste à bâtir plusieurs narratifs sur la base des variables critiques identifiées.

Ces narratifs décrivent l'évolution de différentes combinaisons de variables critiques définissant les

transformations qui affecteront les activités de l'entreprise. Il s'agit d'un texte rédigé et structuré (voir Chapitre 6, p. 38). Dans la pratique, leur nombre excède rarement 4 narratifs.

Cette étape mobilise essentiellement la direction de la stratégie. Elle peut être nourrie par un grand nombre d'éléments internes (expertise et recherches de l'entreprise) et externes (experts, publications du GIEC, plans nationaux ou NDCs, scénarios spécialisés).

La 4^{ème} étape consiste à quantifier certains éléments des narratifs développés à l'étape 3.

Cette étape vise à fournir des éléments supplémentaires à l'analyse d'impact (étape 5) en permettant notamment l'évaluation des impacts économiques des scénarios sur les activités de l'entreprise (voir Chapitre 7, p. 48) à partir de la quantification de certains déterminants physiques clés.

Cette étape mobilise essentiellement la direction de la stratégie.

La 5^{ème} étape consiste à confronter l'entreprise aux futurs décrits (aux étapes 3 et 4) afin d'en évaluer les impacts sur ses activités.

Cette étape mobilise la direction de la stratégie, les directions opérationnelles (afin de connecter l'analyse à la réalité des opérations de l'entreprise) ainsi que certaines directions support (ex : développement durable). Elle vise à confronter les participants à différents futurs possibles et recueillir leurs réflexions. A l'issue de cette étape, les participants ont une idée de la façon dont les activités de l'entreprise pourraient être affectées.

La 6^{ème} et dernière étape consiste à définir un plan d'action, i.e. de passer de la réflexion à l'action. La définition d'un tel plan est du ressort du COMEX soutenu par la direction de la stratégie.

Les étapes 3 et 4 constituent la phase de conception des scénarios.

Dans le cas de l'étude des enjeux énergie-climat, ces étapes peuvent être réalisées en interne (par exemple à partir du processus décrit plus haut) ou bien être externalisées.

Lorsque les responsables de l'analyse souhaitent externaliser la conception des scénarios, deux possibilités s'offrent à eux :

- **Utiliser des scénarios publics, réalisés dans le cadre d'une autre étude par une organisation externe** (voir Chapitre 8, p. 54) : dans ce cas de figure, les responsables

38 - Voir par exemple l'analyse structurelle ou la méthode MICMAC (Godet, 2011)

de l'analyse qui souscrivent aux narratifs n'ont aucune maîtrise des hypothèses d'entrée ni des résultats propres aux scénarios utilisés.

- **Recourir aux services d'organisations spécialisées dans la conception de scénarios, à partir de narratifs et d'hypothèses d'entrée préalablement définis en interne par l'entreprise (étape 2)** : ces acteurs ont la plupart du temps développé un modèle qui permet de représenter, notamment quantitativement, les interactions complexes entre les variables d'un scénario. Dans ce cas de figure, les responsables de l'analyse définissent le cadre de l'exercice de modélisation (i.e., ils fournissent un narratif et des hypothèses d'entrée aux modélisateurs) et demeurent en maîtrise partielle des résultats (voir Partie 8.B.1.d Modèles, p.63).

D

La clé du succès : l'implication de la direction de l'entreprise

L'engagement fort de la direction générale est l'une des principales conditions de succès d'une analyse prospective des enjeux énergie-climat.

Bien que la méthode d'analyse prospective par scénario soit ancienne et appliquée depuis plusieurs décennies par certaines entreprises, sa mise en pratique est devenue plus rare depuis la fin des années 1990 et a peu à peu disparu de la culture des entreprises. Plusieurs d'entre elles témoignent ainsi que la financiarisation de l'économie et les exigences de rentabilité à court terme (l'exemple de la publication des rapports de performance trimestriels) ont progressivement dilué le besoin de se projeter à long terme. Les plans stratégiques des entreprises excèdent rarement 5 ans.

Quand bien même la nature des enjeux énergie-climat fait de l'analyse prospective une bonne méthode pour évaluer les risques et les opportunités, sa mise en œuvre par les entreprises ne va pas de soi (cf. tragédie des horizons, partie 3.A, p17).

C'est pour cette raison que l'engagement fort des directions générales des entreprises et de leurs comités exécutifs - instance d'autorité où se construit la stratégie de

l'entreprise et qui peut, plus qu'une autre, réfléchir à une projection à long terme - est essentiel pour intégrer les enjeux énergie-climat dans la stratégie de l'entreprise et soutenir activement les démarches qui lui permettent de le faire objectivement, en particulier l'analyse prospective par scénario.

Encadré 4 : L'implication décisive de la direction du groupe Air Liquide



Air Liquide est un groupe industriel présent partout dans le monde (Europe, Amérique, Afrique, Asie, etc.) sur plusieurs marchés (industrie, santé, électronique, etc.). Ses activités reposent essentiellement sur la production et la distribution de gaz industriels et médicaux. Elles nécessitent des investissements de long terme (plus de 15 ans) pour répondre à la fois à la demande croissante et à la tendance lourde à l'externalisation.

Air Liquide réalise depuis plusieurs années une analyse par scénario des enjeux énergie-climat (voir Encadré 8, p.48). Cette analyse fait partie d'un ensemble plus large de travaux regroupés au sein d'une « Task Force Climat ». Un tel groupe de travail est le résultat d'une forte impulsion des dirigeants - et en premier lieu du PDG d'Air Liquide Benoît Potier qui a été dès le début très impliqué dans la démarche - mais aussi de fortes attentes des parties-prenantes de l'entreprise (collaborateurs, clients, investisseurs...). Les principales entités du groupe (« business lines », finance, ingénierie, R&D, etc.) y ont participé, sous la supervision d'un comité de pilotage.

Dès son lancement, la Task Force avait pour mission de déboucher sur des objectifs climats, concrets, compréhensibles et applicables par tous, afin d'être actionnables sur le terrain. Il s'agit là d'un facteur clé de réussite de la démarche Climat d'Air Liquide. « *Et c'est mission accomplie ! Je le constate tous les jours, lors de mes déplacements sur le terrain ou lorsque je suis sollicité par les opérations dans le cadre des décisions d'investissement.* », indique David Meneses, Group VP Sustainability.

Dans la plupart des entreprises qui sont parvenues à mettre en œuvre une telle analyse, les directions générales et leur comités exécutifs ont joué un rôle incontournable, notamment pour donner l'impulsion initiale et accompagner le processus.

Une gouvernance forte et l'association étroite des directions opérationnelles de l'entreprise est également un facteur de réussite du processus d'analyse prospective par scénario.

Le processus d'analyse prospective par scénario mobilise plusieurs parties prenantes et plusieurs compétences d'une grande diversité qu'il faut encadrer et conduire tout au long des étapes qui le jalonne.

Le pilote d'un tel processus influera directement sur son bon déroulement. L'autorité, la compétence et l'expérience (notamment la connaissance de l'organisation de l'entreprise) capables de susciter l'adhésion et d'entraîner les collaborateurs ainsi que les dirigeants de l'entreprise, sont des qualités qui paraissent déterminantes pour ce rôle.

La bonne articulation de l'analyse prospective avec les processus de l'entreprise déjà en place (gestion des risques, développement durable, stratégie) nécessite également une attention particulière.

Enfin, l'implication des directions opérationnelles, sur lesquelles repose la création de valeur ajoutée de l'entreprise, permet d'alimenter l'analyse avec leur expérience du « terrain » mais aussi d'en ancrer les résultats dans le réel des opérations des entreprises.

Ces constats sont partagés par la plupart des entreprises qui ont déployé une analyse prospective par scénario (voir notamment les témoignages de Michelin et Axens, Encadré 5 et Encadré 6, respectivement p. 45 et p. 46).

Dans son rapport final, la TCFD fait de la gouvernance la première étape du processus d'analyse qu'elle suggère :

"Ensure governance is in place: Integrate scenario analysis into strategic planning and/or enterprise risk management processes. Assign oversight to relevant board committees/sub-committees. Identify which internal (and external) stakeholders to involve and how."

Pour être efficace, l'analyse prospective par scénario des enjeux énergie climat doit bénéficier de ressources adéquates.

La durée et les ressources nécessaires pour la réalisation

d'une analyse prospective varient selon l'objectif et le périmètre fixés. Ces paramètres varient également en fonction des compétences disponibles en interne et de l'organisation de l'entreprise (existence ou non d'un service prospective, existence de processus, etc.).

D'une manière générale, les phases d'identification des variables critiques (étape 2), et d'évaluation des impacts (étape 5) mobilisent davantage de ressources que les autres phases.

Il apparaît également que la phase de conception des scénarios, à tout le moins qualitatifs, n'est pas la plus consommatrice de temps ni de ressources, mais cela dépend du degré de sophistication du scénario.

Les enjeux énergie-climat recouvrent des phénomènes complexes. L'appropriation de ces enjeux en amont de l'analyse prospective, notamment par les dirigeants, peut en faciliter le déroulement et en accroître l'efficacité.

6

Le « narratif » est le point d'entrée de l'analyse par scénario

L'analyse prospective par scénario repose en premier lieu sur la revue critique d'**éléments qualitatifs** (« narratif » ou « récit du scénario ») qui permettent de structurer la réflexion collective et faciliter l'appropriation des enjeux par les collaborateurs de l'entreprise.

A. Pourquoi le narratif est-il important ?	39
B. Principaux déterminants de l'environnement de l'entreprise	40
C. Suggestion de processus de construction de narratifs	43

A

Pourquoi le narratif est-il important ?

Le narratif du scénario est une description qualitative et rédigée du futur. Cette description est généralement structurée autour de déterminants de plusieurs natures (politiques, économiques, sociaux, comportementaux, environnementaux, technologiques, etc.) propres au système étudié et à son environnement, qui évoluent dans l'avenir. Le narratif est le récit du scénario.

Les narratifs peuvent couvrir un spectre très large des futurs possibles, et ne sont limités que par une double exigence de cohérence globale et de plausibilité.

Afin de susciter la réflexion et de questionner les visions tendanciennes du futur, les scénarios, tout en demeurant plausibles et cohérents, doivent décrire un futur original marqué par les enjeux étudiés. Dans cette perspective, leur conception ne peut s'appuyer exclusivement sur une simple modélisation « mathématique », nécessairement limitée par le modèle lui-même.

Les narratifs, parce qu'ils sont des récits de l'avenir sans contenu quantifié (parfois « bridant »), offrent de nombreux degrés de liberté dans l'exploration et l'identification des possibles. Bien que cadrés par le problème étudié et structurés autour des variables critiques de l'entreprise, ils sont le fruit d'une réflexion collective dans laquelle l'imaginaire occupe une place importante.

De nombreux éléments structurants de l'avenir ne sont par ailleurs pas quantifiables mais peuvent être pris en compte qualitativement dans les narratifs (tels que la stabilité politique, les modes de gouvernance choisis, etc.).

Ces aspects sont notamment importants pour l'étude des enjeux énergie-climat. Alors que la prise en compte des conséquences du changement climatique sur le système économique demeure très marginale parmi les scénarios publics (voir partie 8.B.3.e, p.87) - notamment parce que ces conséquences ne peuvent pas être précisément modélisées -, il est tout à fait possible, dans un narratif, de décrire un environnement de l'entreprise affecté par ces phénomènes.

Les narratifs sont des éléments « sur mesure » pour les scénarios de l'entreprise.

La conception de narratifs obéit à certaines règles (voir partie 6.C, p.43). Par nature, cette conception se structure autour de l'évolution des variables critiques propres à l'entreprise dans le cadre des enjeux étudiés. Si la construction du narratif peut être alimentée par des éléments d'analyse extérieurs, celui-ci fait le récit de l'avenir de l'entreprise et de son environnement.

Cet aspect est essentiel pour l'appropriation des enjeux étudiés par les dirigeants et les collaborateurs de l'entreprise, mais également pour « l'indépendance de l'entreprise » en ce qui concerne le choix des hypothèses qui structureront les futurs dans lesquels elle souhaite se projeter.

Le narratif constitue le cadre de pertinence pour l'ensemble des hypothèses d'entrée et des projections quantitatives qui permettent de décrire le futur.

Toute hypothèse d'entrée s'inscrit nécessairement dans un référentiel, plus ou moins explicite, qui permet d'évaluer sa vraisemblance et sa pertinence. Plus ce référentiel est implicite et peu identifiable, plus il est difficile pour l'utilisateur du scénario de s'approprier les résultats qui découlent des hypothèses. Par exemple, comment juger de la vraisemblance de l'hypothèse d'instauration d'un prix mondial du carbone sans connaître les éléments de géopolitiques qui permettront aux nations d'atteindre un tel niveau de collaboration ?

Le narratif est ce référentiel qui, en décrivant le système étudié et/ou son environnement, met en cohérence les hypothèses d'un scénario et leur confère leur caractère vraisemblable et pertinent.

B

Principaux déterminants de l'environnement de l'entreprise

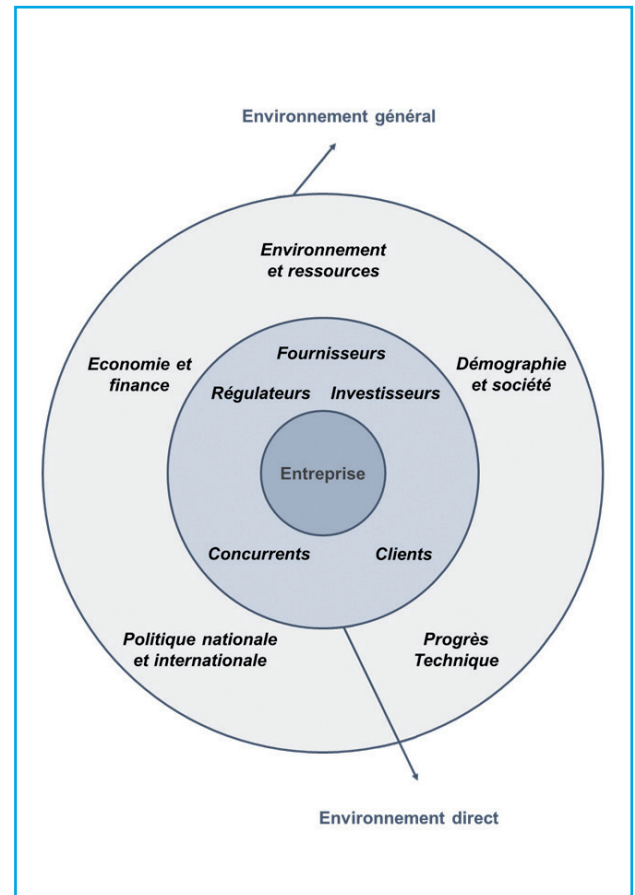
Les déterminants d'environnement décrivent l'environnement direct ou général d'une organisation ou d'une entreprise.

Les déterminants d'environnement général présentés ci-dessous sont regroupés selon cinq catégories et sont inspirés de la grille proposée³⁹ pour construire les scénarios SSP analysés par le GIEC (voir Encadré 15 : Présentation des *Shared Socio-economic Pathways (SSPs)*, p70).

Ils regroupent les aspects qui pourraient influencer l'évolution des variables critiques d'une entreprise, et qui pourraient être considérés dans le processus de réalisation du narratif d'un scénario énergie-climat réalisé en interne. Ces aspects peuvent également alimenter l'évaluation du narratif d'un scénario énergie-climat public.

Les principaux éléments influencés par l'évolution de ces déterminants sont également présentés.

Figure 8 : Principaux déterminants de l'environnement direct et général d'une entreprise



39 - Voir "The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century", O'Neill et al., *Global Environmental Change*, Volume 42, 2017

1ère catégorie : déterminants sociaux et démographiques qui décrivent le contexte d'évolution de la population et des comportements sociaux.

Déterminants	Périmètre d'influence
<p>Les déterminants démographiques et de développement humain peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ampleur et les caractéristiques du processus (maîtrisé ou non, soutenable ou non) d'urbanisation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume et structure de la demande (en matières premières, en biens et en services). • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation.
<ul style="list-style-type: none"> • Le développement et l'accessibilité des services et des installations d'éducation et de santé, ainsi que l'accès aux ressources essentielles (eau et nourriture). • L'ampleur et nature des mouvements de populations (notamment liés aux changements climatiques). 	<ul style="list-style-type: none"> • Artificialisation des terres (urbanisation et culture). • Stabilité politique nationale et internationale.
<p>Les déterminants sociaux peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La cohésion sociale dans les pays. • Le niveau d'engagement de participation à la vie publique des citoyens. • La tolérance au changement de mode de vie et l'acceptabilité de nouvelles contraintes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de comportement des citoyens (activisme ; judiciarisation). • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation. • Déploiement et mise en œuvre de politiques publiques.

2ème catégorie : déterminants de politique intérieure et internationale. Ces éléments de narratif décrivent le contexte politique, diplomatique et géopolitique dans lequel l'action publique nationale et internationale évolue.

Déterminants	Périmètre d'influence
<p>Les déterminants de politique internationale peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ampleur, l'objet et l'efficacité des coopérations internationales et des accords internationaux (OMC, ECT, etc.) • Le déplacement du barycentre de la puissance d'une région à une autre. • Le niveau de rivalité entre puissances ou l'évolution de l'instabilité politique de certaines régions pivots (conflits, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation. • Déploiement et mise en œuvre des actions internationales (notamment d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques). • Stabilité politique nationale et internationale, déploiement de taxes carbone aux frontières • Mix de consommation d'énergie primaire. • Gestion des externalités liées aux enjeux-énergie climat.
<p>Les déterminants de politique intérieure peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le degré de mobilisation des acteurs (pouvoirs publics, société civile, entreprises et marché) notamment en matière de transition énergétique. • La nature et l'ampleur des dispositifs d'action publique mis en œuvre (dispositifs réglementaires, fiscaux, etc.). • La nature de gouvernance mis en œuvre par les différents acteurs publics (centralisée ou décentralisée, verticale ou horizontale, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Déploiement et mise en œuvre de politiques publiques (notamment d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques, acceptabilité d'un prix du carbone). • Mix de consommation d'énergie primaire. • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation. • Gestion des externalités liées aux enjeux-énergie climat.

3ème catégorie : déterminants macroéconomiques et de consommation. Ces éléments de narratif décrivent le contexte dans lequel le système économique évolue.

Déterminants	Périmètre d'influence
<p>Les déterminants macroéconomiques peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le niveau d'endettement des acteurs publics et privés. • La nature et le niveau de croissance économique dans les différentes régions du monde ; l'évolution de la productivité. • La structuration de l'économie mondiale (économie de service, production industrielle, etc.) par région. • Le niveau de stabilité du système financier et l'orientation de l'allocation des investissements. • La nature et l'ampleur des inégalités au sein des pays et entre les pays. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation. <p>Volume et structure de la demande (en matières premières, en biens et en services).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déploiement et mise en œuvre de mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques. • Stabilité politique nationale et internationale. • Niveau des taux d'intérêts (scénario « Lower for longer » évoluant vers des scénarios « Lower forever »), et évolution des politiques monétaires.
<p>Les déterminants de consommation peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le degré de connexion et d'échange entre les marchés (protectionnisme ou mondialisation). • Le changement de comportement des consommateurs (niveau de consommation matérielle, nature du régime alimentaire, etc.) dans les différentes régions du monde. • Le poids et la structure des différents marchés (ex : basculement vers l'Asie, déploiement de l'économie circulaire, boom digital). • Le niveau des prix des matières premières (énergie incl.) et des coûts (capital et opération) des différentes technologies qui ont un fort impact sur la demande d'énergie et la composition du mix énergétique. • Acceptabilité d'un retour de l'inflation • Le niveau de maîtrise de l'effet rebond. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume et structure de la demande (en matières premières, en biens et en services). • Volume des flux de personnes, de matières premières, de biens et services en circulation. • Artificialisation des terres (urbanisation et culture). • Déploiement et mise en œuvre de mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques. • Amélioration de l'efficacité énergétique du système économique. • Réduction de l'intensité carbone du système économique.

4ème catégorie : déterminants techniques. Ces éléments de narratif décrivent le contexte dans lequel les technologies se développent et se déploient, mais aussi dans quelle mesure elles interviennent dans la résolution des problématiques mondiales, notamment climatiques (orientation «techno-pessimiste» ou «techno-optimiste»).

Déterminants	Périmètre d'influence
<p>Les déterminants techniques peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ampleur des efforts de recherche, leur orientation (part associée à l'efficacité carbone vs. autres champs de recherche par ex.), et leur efficacité (avancées scientifiques). • La rapidité de mise en disponibilité des technologies (rapidité de développement jusqu'à maturité commerciale). • La fluidité de la dispersion des technologies, ainsi que le consensus sur la solution scientifique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déploiement à grande échelle de technologies notamment bas-carbone (transport, industrie, bâtiments, production d'électricité) ou de techniques de compensation artificielle (CCS). • Amélioration de l'efficacité énergétique du système économique. • Réduction de l'intensité carbone du système économique.

5ème catégorie : déterminants environnementaux. Ces éléments de narratif décrivent le contexte dans lequel évoluent les différents prélèvements réalisés sur l'environnement ainsi que les externalités associées.

Déterminants	Périmètre d'influence
<p>Les déterminants environnementaux peuvent être caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ampleur et la nature des prélèvements réalisés sur l'environnement (extraction de matières premières, élevage, occupation des terres, pressions sur la biodiversité). • L'ampleur et la nature des externalités associées (altération de la biodiversité, changement climatique, pollution, déforestation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Artificialisation des terres (urbanisation et culture). • Disponibilité de certaines ressources (énergies, matériaux) et capacités de production. • Stabilité politique locale, nationale et internationale ; judiciarisation et activisme. • Déploiement et mise en œuvre de mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques.

C

Suggestion de processus de construction de narratifs

La conception du narratif d'un scénario intervient après la phase d'identification des variables critiques de l'entreprise dans le cadre des enjeux énergie-climat étudiés.

La suggestion de processus qui suit est fondée sur les processus mis en œuvre au sein de certaines entreprises et vise à mettre en évidence les principales étapes de construction d'un narratif. D'autres processus existent et pourraient être également utilisés.

Etape 1 : pour chacune des principales variables critiques, identifier les déterminants d'environnement, qui pourraient affecter leur évolution dans le cadre des enjeux énergie-climat.

L'évolution des variables critiques de l'entreprise peut être influencée plus ou moins directement par un ou plusieurs déterminants d'environnement. Cette première étape consiste donc à identifier pour chacune des variables critiques, les déterminants qui ont le plus d'influence.

Par exemple, si l'une des variables critiques de l'entreprise est le nombre de voyageurs utilisant le train pour se déplacer, l'évolution d'une telle variable peut être influencée par plusieurs déterminants tels que le changement de comportement des consommateurs, le déploiement de politiques d'atténuation ou d'adaptation par les pouvoirs publics (incluant par exemple une contrainte réglementaire

ou fiscale sur les modes de transport ou la constructions d'infrastructures ferroviaires, etc.) ou encore par l'évolution de la population.

Étape 2 : sélectionner les combinaisons de déterminants d'environnement affectant l'évolution significative des variables critiques.

A partir de l'association « variables critiques / déterminants d'environnement », il est possible d'identifier les déterminants qui affectent significativement l'évolution du plus grand nombre de variables critiques.

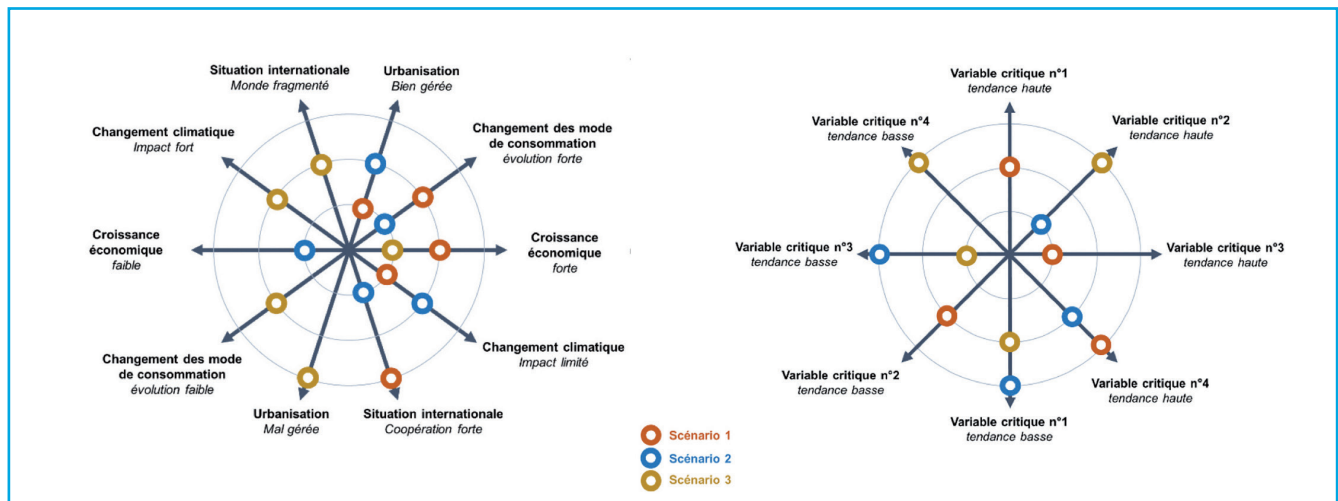
L'objet de cette étape est de sélectionner parmi toutes les combinaisons de déterminants identifiés possibles, les trois ou quatre combinaisons qui affectent significativement l'évolution des principales variables critiques⁴⁰. Certaines d'entre elles peuvent être éliminées selon les critères telles que leur exclusivité, leur pertinence vis-à-vis des enjeux étudiés, leur cohérence interne ou encore leur vraisemblance.

A l'issue de cette étape, les combinaisons de déterminants identifiées décrivent chacune un environnement de l'entreprise différent, marqué par les enjeux énergie-climat et affectant d'une manière cohérente et vraisemblable l'évolution des principales variables critiques de l'entreprise.

Étape 3 : rédiger le récit décrivant l'évolution des déterminants d'environnement

L'objet de cette étape est la rédaction du récit décrivant chaque combinaison de déterminants ainsi que l'évolution des principales variables critiques de l'entreprise. La rédaction peut être structurée par catégorie de déterminants, par variable critique ou encore selon une autre architecture.

Figure 9 : Illustration d'architecture de narratif en considérant 5 déterminants d'environnement (à gauche) et leur impact sur 4 variables critiques de l'entreprise (à droite).



40 - Pour la sélection des combinaisons, on pourra se référer aux méthodes d'analyse morphologiques qui visent à explorer de manière systématique les futurs possibles à partir de toutes les combinaisons envisageables. Voir Godet (2011).

Encadré 5 : L'analyse prospective, un pilier dans l'élaboration de la stratégie du groupe Michelin



Numero 2 mondial du pneumatique, Michelin a historiquement choisi la mobilité durable comme axe préférentiel de différenciation. Il intervient dans tous les secteurs de la mobilité, domaine notoirement au cœur des enjeux climat et pollution. Le Groupe Michelin dispose depuis plusieurs années d'un département de la prospective au sein de la direction de la stratégie.

Ce département est constitué d'une équipe de quatre collaborateurs expérimentés issus des unités business du groupe. Il réalise en continu un travail de fond qui consiste à identifier et à formuler les principales tendances qui structurent et structureront les marchés sur lesquels Michelin intervient. Plus de 50 tendances, axées selon des inducteurs de changement (*Key drivers*), ont ainsi été documentées. Le département de la prospective travaille en étroite collaboration avec les directions opérationnelles (*business units*) du groupe.

La complexité et la globalité des enjeux énergie-climat ont conduit le groupe Michelin à structurer sa réflexion de long terme sur ces sujets (horizon 2035) autour de l'analyse de trois scénarios essentiellement qualitatifs, (i.e. des narratifs) conçus en interne par le département prospective.

Le processus de conception se décompose en quatre étapes :

1. Identification des variables qui demeureront constantes d'un scénario à l'autre (c'est notamment le cas de la démographie, considérée « déjà jouée » à l'horizon de l'étude), **et de certaines « aspirations »** dont les scénarios modifient le potentiel de réalisation, ce qui dès lors est mentionné dans le récit. Ces aspirations peuvent être technologiques (IoT, cybersécurité, etc.) ou sociétales (aspiration communautariste, influence des réseaux sociaux, etc.)

2. Identification de sept axes critiques - tels que le niveau de croissance économique (élevée ou basse), le niveau de réchauffement climatique (limité ou fort), les modes de consommation (soutenable ou non) ou le degré de mondialisation (fort ou faible) - selon lesquels les grandes tendances mondiales peuvent évoluer.

3. Détermination de trois combinaisons de positions sur ces sept axes qui vont constituer l'armature des scénarios et décrire trois futurs possibles et différents.

4. Rédaction des narratifs, élaborés à partir du capital d'analyses prospectives accumulé par le département, avec un accent mis sur l'environnement d'affaires du Groupe (mobilité).

Ce processus s'inspire des méthodes de prospective existantes et abondamment documentées dans la littérature.

Ces scénarios qualitatifs sont ensuite soumis à un groupe constitué de responsables et d'experts issus des directions opérationnelles. Ils constituent la base d'un travail de réflexion visant à plonger les activités du groupe dans chacun de ces scénarios afin d'évaluer les impacts et d'élaborer une stratégie. Différentes interactions internes et externes nourrissent leur mise à jour annuelle par le département prospective.

Ces scénarios comportent chacun des éléments « souhaitables » et « non-souhaitables » et ne représentent pas des visions « dogmatiques » du monde. Au-delà de leur utilisation « stratégique », leur fonction est de stimuler l'imagination, de créer un langage commun et de structurer une réflexion collective afin de favoriser la prise en compte des enjeux énergie-climat par les différentes directions opérationnelles du groupe. La qualité de fond et de forme facilite ensuite leur utilisation dans des groupes de travail réunissant des profils variés.

Ces travaux, réalisés à la suite de l'impulsion donnée par la direction générale, ne sont pas réalisés *ex nihilo*. Ils s'appuient largement sur le travail réalisé en amont par le département prospective.

À ce stade, les résultats d'une telle analyse ne sont pas obligatoirement considérés dans le plan stratégique de l'entreprise. Ils constituent la base des exercices d'interaction entre prospective et business units, facultatifs, mais de plus en plus demandés par les participants.

Encadré 6 : L'analyse prospective n'est pas réservée aux grands groupes

Axens est une société française, non cotée, du secteur de l'énergie présente sur les marchés du raffinage, de la pétrochimie, du gaz, des énergies renouvelables et du traitement de l'eau. Ses activités se concentrent sur la conception de technologies (bailleur de licences), de produits (catalyseurs et adsorbants), de fours et la prestation de services associés (assistance technique, conseil, formation, applications digitales). Axens est une entreprise internationale qui regroupe près de 2000 collaborateurs.

Depuis plusieurs années, Axens a initié des travaux pour faire évoluer son offre face aux enjeux du développement durable et de la transition bas-carbone. Cette démarche répond à l'incertitude et à l'ampleur des transformations à venir qui pourraient affecter les marchés sur lesquels l'entreprise opère. Plus récemment cette démarche s'est organisée sous la forme d'une analyse prospective à partir de scénarios qualitatifs.

L'analyse prospective est menée conjointement avec des équipes d'IFP Energies nouvelles (IFPEN, actionnaire à 100% d'Axens). Côté Axens, ce projet est piloté par la direction Marketing et plus spécifiquement l'équipe marketing stratégique. Le travail d'analyse prospective vise à diversifier à plus ou moins long terme les activités de l'entreprise en vue des changements à venir liés à la transition énergétique et au développement durable. Le projet, soutenu par la direction générale, se décompose en quatre phases :

1. Concevoir les scénarios sur lesquels l'analyse reposera.

Dans un premier temps un groupe resserré de collaborateurs a été formé à l'exercice d'analyse prospective afin d'en maîtriser les aspects techniques. Ce groupe a ensuite identifié les principales variables critiques pour l'entreprise, dont l'évolution pourrait affecter ses activités. Plusieurs scénarios (narratifs) différents ont alors été construits et rédigés autour d'une combinaison de tendance de ces différentes variables. Après intégration d'un groupe de collaborateurs représentatif des métiers de l'entreprise, 3 scénarios ont été retenus pour la phase suivante.

2. Identifier dans ces scénarios les impacts et les opportunités pour l'entreprise. L'ensemble de l'équipe projet

a participé à des exercices de « brainstorming » dont l'objectif consistait à faire émerger les opportunités pour l'entreprise dans ces 3 futurs possibles qui se voulaient inspirants. Les conditions favorisant la « désinhibition » des participants avaient été préparées et de très nombreuses idées ont été générées. Après un processus de tri et de hiérarchisation, les idées ont été synthétisées en opportunités et certaines ont été retenues par les instances dirigeantes pour la phase suivante.

3. Approfondir les opportunités. Cette phase a été menée en étoffant l'équipe projet avec de nouveaux collaborateurs et a consisté à pré-instruire des pistes de diversification dans le périmètre des opportunités sélectionnées.

4. Construire un plan d'actions associé. Cette phase est en cours de réalisation à partir de l'analyse des solutions proposées dans la phase précédente. Le but est de définir un plan d'actions comportant des actions à court, moyen et long termes, de manière à répondre à l'objectif de diversification fixé au projet.

C'est la première fois que les équipes d'Axens réalisent un exercice d'analyse prospective à partir de scénarios. Plusieurs éléments ont favorisé cette approche. Tout d'abord le soutien méthodologique fort qui a été assuré par les équipes de la direction économie et veille d'IFPEN aguerries à ce type d'analyse. Il a permis de maintenir un cadre solide pour un exercice dont la conduite peut facilement dévier. Ensuite, l'horizon de temps choisi, à la fois suffisamment lointain et suffisamment proche, a favorisé la désinhibition des réflexions et des propositions des collaborateurs. La participation d'un échantillon représentatif de collaborateurs de l'entreprise et notamment issus des directions opérationnelles a permis d'ancrer le travail dans la réalité. Enfin le support de la direction générale et des cadres opérationnels a été déterminant.

Les pilotes du projet constatent enfin que dans un contexte où la prise de conscience des enjeux environnementaux est de plus en plus forte, la réalisation d'une analyse prospective à partir de scénarios est un outil dont les vertus dépassent les aspects stratégiques. Elle constitue un formidable levier de mobilisation pour les collaborateurs de l'entreprise.

7

L'approche quantitative de l'analyse par scénario

L'usage d'éléments quantitatifs dans le processus d'analyse prospective vise en grande partie à évaluer l'impact des différents scénarios sur les activités de l'entreprise. Lorsqu'une telle évaluation est réalisée, l'introduction trop tôt dans le processus de variables financières ou économiques peut nuire à la clarté des résultats ou mal représenter la réalité « physique ».

A. Évaluation des impacts financiers	49
B. L'approche « financière » et l'approche « matérielle »	49

A

Évaluation des impacts financiers

Dans le cadre d'une analyse par scénario, une approche quantitative consiste à évaluer quantitativement l'impact sur l'entreprise d'une évolution de son environnement d'affaires, induite par les enjeux étudiés et décrite dans un scénario.

Le plus souvent, l'approche quantitative vise à évaluer l'impact financier résultant d'une telle évolution. C'est notamment le cas lors lorsqu'une entreprise mène une analyse par scénario des enjeux énergie-climat. La TCFD indique ainsi dans son rapport final :

"Scenario analysis can help organizations frame and assess the potential range of plausible business, strategic, and financial impacts from climate change and the associated management actions that may need to be considered in strategic and financial plans."⁴¹

Il est d'ailleurs recommandé à certaines entreprises de publier à destination des marchés des informations de cette nature :

"Organizations with more significant exposure to climate-related issues should consider disclosing key aspects of their scenario analysis, such as [...] potential material financial implications for the organization's operating results and/or financial position."⁴²

Si l'usage d'une approche quantitative de l'analyse par scénario n'est pas indispensable et dépend notamment des objectifs de l'analyse, une telle approche est généralement présentée comme la garantie d'une plus grande robustesse des résultats. La TCFD indique ainsi :

"Organizations that are likely to be significantly impacted by climate-related transition and/or physical risks should consider some level of quantitative scenario analysis."

Lorsqu'il s'agit des enjeux énergie-climat, l'approche quantitative repose sur l'usage de scénarios énergie-climat

de transition - développés en interne ou conçus par des acteurs extérieurs à l'entreprise -, dont les projections sont quantifiées (voir partie 5.C, p.34).

B

L'approche « financière » et l'approche « matérielle »

L'approche financière, qui repose en grande partie sur les prix (des matières premières, des produits, des salaires etc.), ne traduit pas fidèlement les transformations de l'environnement de l'entreprise, notamment dans le cadre d'un scénario « désordonné ».

L'approche financière de l'analyse par scénario, est similaire en certains points à la démarche analytique sur laquelle s'appuie la construction des plans stratégiques évoquée en introduction du Chapitre 5. À partir des données quantitatives décrites dans le scénario (la demande, les prix des commodités ou du carbone, les coûts de certaines technologies, le taux d'actualisation, etc.) ou d'autres sources (Platts, Bloomberg, etc.), l'entreprise calcule les paramètres clés de son modèle d'affaires (demande, coûts des intrants, prix de vente des produits/services commercialisés, fiscalité, etc.) et en déduit, via un modèle financier, l'évolution de certains de ses résultats financiers (chiffre d'affaires, EBITDA, résultats, rentabilité des capitaux propres, besoin de financement, etc.)⁴³.

Ce type de démarche permet ainsi une estimation de la rentabilité de l'entreprise dans un scénario, à un horizon de temps donné.

Cependant, l'approche financière, comporte plusieurs écueils. Par exemple, les indicateurs financiers utilisés, dont il est parfois difficile de saisir les déterminants, peuvent être l'objet de discussion (quel est le bon taux d'actualisation ? le prix de telle ou telle commodité est-il vraisemblable ?), conduisant à l'appropriation parfois difficile des résultats ou à leur remise en cause.

41 - Voir Figure 7 « Reasons to Consider Using Scenario Analysis for Climate Change » (p26), rapport final de la TCFD (2017).

42 - Voir Figure 8 « Disclosure Considerations for Non-Financial Organizations » (p28), rapport final de la TCFD (2017).

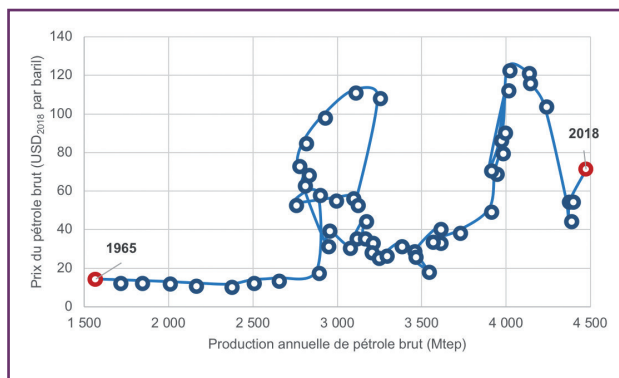
43 - Une liste assez détaillée des paramètres financiers, dont l'évolution pourrait être analysée, est proposée dans le supplément technique du rapport final de la TCFD. Voir Figure 3 "Key considerations: parameters, assumptions, analytical choices, and impacts".

Par ailleurs, les indicateurs financiers utilisés (principalement les prix), ne traduisent que partiellement la réalité⁴⁴ et n'offrent pas aux dirigeants de l'entreprise une perspective concrète des conséquences de l'évolution de l'environnement de l'entreprise soumis aux contraintes introduites par les enjeux énergie-climat.

Les paramètres financiers (principalement les prix) parfois décrits dans certains scénarios énergie-climat que pourraient utiliser une entreprise, sont le résultat d'exercices de modélisation qui présentent des limites.

Cet aspect, notamment évoqué dans la partie 8.B.3.d (p.86) est lié à la nature même des modèles sur lesquels reposent certains scénarios énergie-climat.

Figure 10 : Production de pétrole brut (offre) en fonction du prix (en dollars constant) entre 1965 et 2018.



On n'observe aucune linéarité entre le prix du pétrole et le volume disponible. De 1965 à 1973 la quantité de pétrole consommée a été multipliée par 2 avec un prix qui a en permanence baissé, modérément jusqu'en 1971. De 1973 à 1986, le volume consommé reste à peu près identique avec un prix très variable, puis de 1986 à 2000 on retrouve un régime avec un prix assez stable et un volume qui augmente significativement, et enfin de 2000 à 2018 le volume est presque constant avec un prix qui varie fortement une nouvelle fois.

Source : BP statistical review 2018

Dans la plupart d'entre eux, les prix de certaines commodités, particulièrement l'énergie (fossiles, électricité, etc.), lorsqu'ils sont modélisés, sont déterminés par un équilibre offre/demande. Or, la formation de ces prix sur des marchés très financiarisés, notamment en ce qui concerne le pétrole, n'obéit pas à une telle loi⁴⁵. De nombreux facteurs

financiers, géologiques ou géopolitiques interviennent également et ne sont que peu pris en compte⁴⁶.

Alors que ces modèles sont utilisés pour la réalisation de scénarios de transition dans lesquels est projeté un déséquilibre prolongé et simultané de l'offre et de la demande de certains produits et services, on peut s'interroger pour ces raisons sur la signification des différents signaux prix utilisés.

Quantifier en premier lieu l'évolution (en volume) de la demande pour les produits et services commercialisés par l'entreprise - à partir des déterminants physiques dont cette demande dépend -, permet une intégration plus fidèle des enjeux énergie-climat.

Avant d'affecter des prix ou d'autres indicateurs économiques et financiers, les transformations liées aux enjeux énergie-climat affecteront en premier lieu l'évolution de déterminants physiques, qui n'obéissent à aucune loi « économique », mais sur lesquels reposent les activités d'une entreprise et la demande pour les produits et services qu'elle commercialise (voir Chapitre 4, p. 22).

Une approche quantitative « matérielle » ou *bottom-up* est alors possible. Elle consiste à quantifier dans un scénario l'évolution (cohérente) des déterminants physiques et à en déduire, après étude des relations de dépendance, les conséquences sur le **volume** de la demande pour les produits et services de l'entreprise et sur ses activités.

Sur cette base, une estimation des impacts financiers peut être réalisée et reflète plus fidèlement les conséquences des enjeux énergie-climat.

Aisément compréhensible et ancrée dans le « réel », cette approche offre aux dirigeants de l'entreprise un aperçu très concret de la façon dont ses métiers et ses activités seront affectées par les enjeux énergie-climat. Elle permet également d'éviter les écueils d'une approche financière (voir paragraphes précédents).

44 - A titre d'exemple, l'hypothèse selon laquelle les prix révèlent la rareté est discutable, notamment pour les principales commodités dont l'énergie, alors que la formation de leur prix est financiarisée. Voir « Prix mondiaux futurs des ressources épuisables », Nicolas Bouleau (2013).

45 - Il n'existe pas de lien observable entre le volume de pétrole consommé et le prix du baril. Cf. Encadré 11 : Couplage PIB/pétrole.

46 - "International prices for coal, natural gas and oil in the WEM reflect the price levels that would be needed to stimulate sufficient investment in supply to meet projected demand." Voir World Energy Model, IEA (2018).

Encadré 7 : L'analyse des déterminants physiques, essentielle pour l'entreprise South32



South32 est une entreprise minière australienne issue de la cession par BHP Billiton en 2015 de certaines de ses activités minières. South32 produit notamment plusieurs métaux (aluminium, manganèse, argent, zinc, plomb, nickel), ainsi que du charbon (à coke et thermique). L'entreprise réalise un résultat net de près de 500 MUSD. Ses activités sont situées en Afrique du Sud et en Australie occidentale.

En 2018, South32 a publié un rapport « climat »⁴⁷ dans lequel l'entreprise décrit son processus d'analyse par scénario. Une description détaillée de ce processus est proposée dans la partie 8.D.2 (p.92).

South32 revient sur l'usage d'une approche financière pour évaluer les impacts d'une évolution de l'environnement de l'entreprise et constate notamment :

"When comparing outcomes between the base case and the Global Cooperation scenario drivers, we found that comparisons of net present value or earnings forecasts

did not provide us with meaningful insights on broader portfolio resilience. This was largely due to the variability of other underlying factors (particularly commodity price forecasts) overshadowing the impacts of the climate scenario related inputs."

Pour pallier cette faiblesse, South32 évalue l'évolution de la demande pour ses produits (en volume) pour chacun de ses sites de production :

"We instead took the decision to use a fit-for-purpose resilience metric (Figure 4), which focused on the demand for each commodity from each operation in our portfolio. Resilience was determined by a quantitative assessment of whether the supply and demand balance increased or decreased (ten per cent either way) or materially increased or decreased (20 per cent either way), relative to our base case forecasts out to 2040."

47 - Voir "Our approach to climate change 2018" South32 (2018)

Encadré 8 : L'approche quantitative du groupe Air Liquide

Depuis plusieurs années, le Groupe s'est engagé à lutter contre le réchauffement climatique, avec un engagement accru depuis 2015. Respecter l'objectif de l'Accord de Paris consiste à appliquer une contrainte physique (la limitation des émissions de GES) à l'origine d'un changement en cascade sur l'ensemble des chaînes de valeur. La démarche du Groupe Air Liquide sur le climat s'est attachée à comprendre comment ces changements pourraient affecter ses activités, non seulement par la contrainte induite sur ces propres opérations mais également par l'impact sur les marchés aval servis par Air Liquide, et les nouveaux marchés sur lesquels le Groupe pourrait contribuer à la transition bas carbone.

Cette évolution a conduit à mettre en œuvre une analyse par scénario des enjeux énergie-climat et à publier en novembre 2018 les premiers objectifs climat du groupe.

La « démarche scénarios »

La première phase de cette démarche a consisté à évaluer comment les marchés sur lesquels le groupe intervient pouvaient être transformés par la transition bas-carbone, c'est-à-dire comment la demande pour ses produits et services ainsi que ses offres commerciales, pouvaient être impactées.

Par exemple, sur le marché de l'acier, le besoin de réduire les émissions de CO₂ va inciter les principaux acteurs à diminuer l'utilisation de charbon. Cela pourrait impacter les besoins en oxygène, mais en même temps générer de nouveaux besoins en hydrogène pour réduire le minerai de fer en acier.

Plusieurs scénarios énergie-climat différents ont ensuite été sélectionnés. Chacun d'eux décrit quantitativement l'évolution des déterminants physiques précédemment identifiés.

A partir de ces scénarios, il a alors été possible de projeter l'évolution de la demande pour les solutions proposées par le groupe selon leurs différents marchés.

Le groupe est parti de scénarios disponibles, qui ont été adaptés afin de rendre certaines hypothèses (macro-économiques comme la croissance du PIB, ou technologiques comme l'amélioration de l'efficacité énergétique, CCS, etc.) plus réalistes et en général moins optimistes selon son appréciations.

Les résultats obtenus alimentent un processus de réflexion stratégique, notamment à propos de l'allocation des efforts d'investissements du groupe sur certains marchés d'avenir comme l'hydrogène énergie ou le biométhane.

8

Les scénarios énergie-climat publics : état des lieux et limites

Les scénarios énergie-climat accessibles publiquement comportent par construction des limites qui, si elles sont mal connues ou comprises, nuisent à leur interprétation

Il existe de nombreux scénarios énergie-climat publics, **mais**

1. ceux-ci n'ont pas été conçus pour les entreprises ;
2. ils comportent certaines limites liées aux choix des hypothèses d'entrée par le scénariste et aux modèles utilisés, limites que la plupart des entreprises méconnaissent. Ceci peut rendre risquée leur utilisation de ces scénarios.

A. Aperçu des scénarios climatiques	55
B. Panorama des scénarios énergie-climat publics de transition	56
1. Comment lire un scénario énergie-climat public ?	56
2. Scénarios étudiés, critères de sélection, producteurs	64
3. Analyse des scénarios énergie-climat publics et pistes d'amélioration	75
C. Quel avenir pour les scénarios énergie-climat publics ?	88
D. Comment utiliser des scénarios énergie-climat publics à ce stade ?	90
1. Suggestion de processus.	90
2. Cas pratique : processus d'analyse par scénario déployée par South 32.	92

A

Aperçu des scénarios climatiques

Les travaux du GIEC qui traitent des conséquences « physiques » du changement climatique se sont structurés autour de la définition de trajectoires d'émissions et de concentrations de gaz à effet de serre : les « *Representative Concentration Pathways* » (RCPs).

Les RCPs sont un ensemble cohérent de projections de l'évolution du forçage radiatif⁴⁸ et constituent notamment les données d'entrée des travaux de modélisation de l'évolution du système climatique (groupe de travail n°1 du GIEC, voir Encadré 17 : Scénarios 1.5°C du Rapport spécial 1.5°C (SR-1.5) du GIEC (2018), p.72).

Quatre profils d'évolution des concentrations de GES, exprimés en « forçage radiatif », ont été retenus :

- **Une trajectoire (RCP 2.6⁴⁹)** pour laquelle le forçage radiatif atteint rapidement un pic et décline progressivement pour atteindre 2,6 W/m² en 2100, ce qui équivaut à un réchauffement de 0,9 à 2,3°C. Cette trajectoire suppose une réduction rapide des émissions de GES.
- **Deux trajectoires (RCP 4.5 et RCP 6.0)** conduisant à une stabilisation des émissions de GES avant 2100. Dans l'une d'entre elles (RCP 4.5), le forçage radiatif se stabilise en 2100 à 4,5 W/m² (1,7 à 3,2°C), dans l'autre (RCP 6.0), le forçage radiatif demeure croissant et atteint 6,0 W/m² en 2100 (2 à 3,7°C).
- **Une trajectoire (RCP 8.5)** pour laquelle les émissions de GES sont très importantes, conduisant à une augmentation croissante et non stabilisée du forçage radiatif qui atteint 8,5 W/m² en 2100 (3,2 à 5,4°C).

Les RCPs ne sont pas des scénarios, dans le sens où ils ne constituent pas un ensemble complet de projections socioéconomiques et climatiques et n'incluent pas de narratif ou d'hypothèses pour les accompagner.

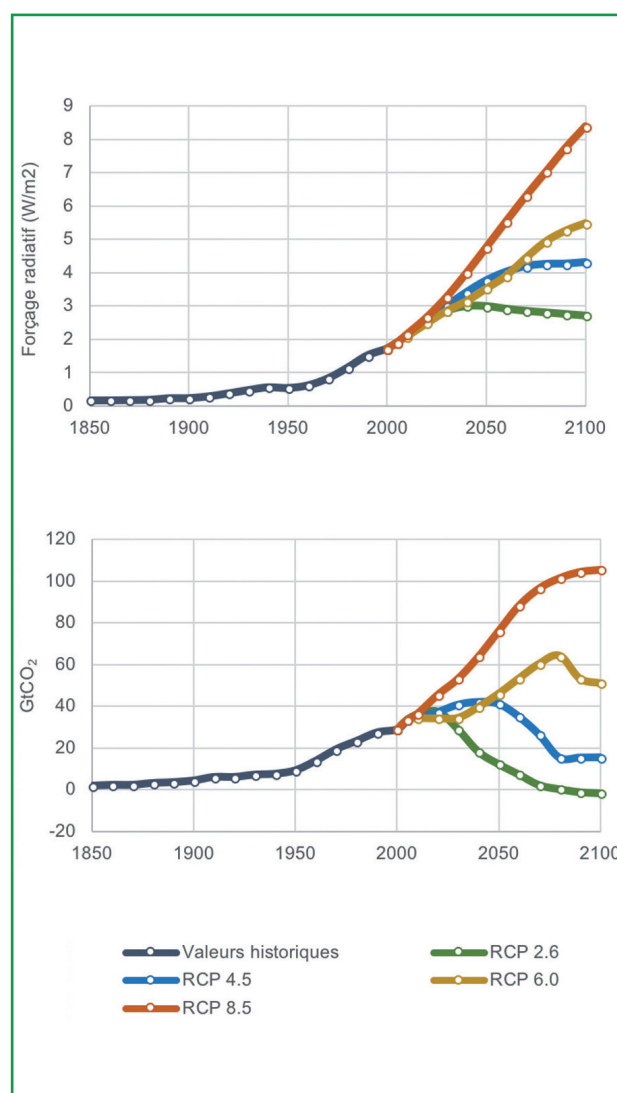
Les RCPs en eux-mêmes ne sont pas liés à un scénario

48 - Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète. Il est calculé au sommet de la troposphère (entre 10 et 16 km d'altitude). Sous l'effet de facteurs d'évolution du climat, comme par exemple la concentration en gaz à effet de serre, ce bilan se modifie : on parle de forçage radiatif. Cette grandeur physique est exprimée en W/m².

49 - Les RCPs sont nommés selon leur niveau de forçage radiatif en 2100. Le RCP2.6 décrit une projection du forçage radiatif qui atteint 2.6 W/m² en 2100.

socio-économique : chaque RCP est compatible avec de nombreux scénarios socio-économiques parce que plusieurs scénarios socioéconomiques différents peuvent donner lieu à une concentration de GES dans l'atmosphère et à un forçage radiatif similaire. Par ailleurs, les RCPs dont le forçage radiatif est le plus faible (RCP 4.5 and RCP 2.6) ne dérivent pas de ceux dont le forçage radiatif est plus élevé (RCP 8.5, ou même RCP 6.0). Les différences entre chaque RCP ne peuvent donc pas être interprétées comme le résultat d'une politique climatique ou l'évolution de variables socio-économiques.

Figure 11 : Trajectoire de forçage radiatif (en haut) et d'émissions de CO₂ (en bas) décrites dans les quatre RCPs.



Source : RCP database v2.0.

Les résultats des travaux de modélisation du système climatique permettent notamment d'évaluer l'évolution de certains paramètres tels que la température, la pluviométrie,

l'hydrométrie, ou encore l'élévation du niveau des mers. Ces résultats alimentent également les travaux du groupe de travail n°2 du GIEC qui est chargé d'évaluer les vulnérabilités et les impacts de ces évolutions sur les écosystèmes et les sociétés humaines.

B

Panorama des scénarios énergie-climat publics de transition

Les scénarios énergie-climat « publics » sont des scénarios disponibles publiquement (gratuitement ou à l'achat) qui projettent dans l'avenir l'évolution des flux énergétiques, les émissions de GES et de certaines variables socioéconomiques. Il s'agit de scénarios de transition. Ces scénarios sont réalisés par des acteurs de différentes natures.

De tels scénarios pourraient potentiellement être utilisés par des entreprises dans leurs réflexions stratégiques. C'est à tout le moins ce que la TCFD indique dans son rapport final et le supplément technique qui lui est adjoint⁵⁰.

Toutefois, ces scénarios peuvent être très de natures très différentes et demeurent conçus pour répondre à un besoin qui n'est pas nécessairement celui d'une entreprise qui souhaiterait en faire usage. Il est donc nécessaire, en amont de toute analyse, de décrypter les scénarios énergie-climat publics.

1 Comment lire un scénario énergie-climat public ?

Un scénario énergie-climat public est rarement publié seul et fait le plus souvent partie d'une famille de scénarios, comprenant un ou plusieurs autres scénarios. Parmi ceux-ci, on retrouve généralement un scénario dit « de référence » (ou *baseline*) auquel les autres scénarios sont comparés.

50 - Voir supplément technique au rapport final de la TCFD (2017) : « These publicly available scenarios can help inform development of an organization's own scenarios or they can be used directly as a framework for strategic planning discussions. ».

Une famille de scénarios est généralement construite dans le cadre d'une étude spécifique sur les enjeux énergétiques et climatiques. Une telle étude vise à répondre à un besoin particulier, comme celui d'éclairer la décision publique en évaluant l'impact de politiques mises en œuvre, ou susceptibles d'être mises en œuvre (voir partie 5.A.2 « Qu'est-ce qu'un scénario ? », p. 31).

L'utilisateur de scénarios doit garder à l'esprit le point suivant : ces études et les scénarios qui les composent sont réalisés dans le cadre d'une ou plusieurs problématiques auxquelles ils visent à répondre. Cette approche conditionne la façon dont les scénarios sont construits, l'horizon de temps et le périmètre géographique et sectoriel, les hypothèses formulées, les résultats obtenus ainsi que les données publiées ou présentées.

Aide à la lecture

L'utilisateur d'un scénario devrait identifier la famille à laquelle celui-ci appartient (notamment le scénario de référence), l'étude dans laquelle il s'insère, ainsi que la question à laquelle cette étude vise à répondre.

L'utilisateur devrait également identifier les éléments communs aux scénarios d'une même famille (narratifs et hypothèses d'entrée notamment).

a — Narratif du scénario

Comme indiqué précédemment, le narratif du scénario est un élément très important, dans la mesure où il définit le contexte dans lequel les hypothèses quantitatives et les résultats prennent leur sens et trouvent leur cohérence. Par exemple, l'introduction d'un prix mondial du CO₂ nécessite, pour être crédible, d'être étayée dans le narratif par la description d'un contexte politique et économique favorable à la mise en œuvre d'une telle mesure.

Les scénarios énergie-climat publics sont des scénarios d'environnement (*i.e.* ils n'intègrent pas les spécificités de l'entreprise). Leur narratif devrait couvrir les déterminants de nature démographique et sociale, politique, économique, technologique et environnementale (voir partie 6.B, p.40).

Par ailleurs, il est essentiel que les narratifs soient explicites et clairement énoncés. Ils devraient par ailleurs intégrer les enjeux d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Aide à la lecture

L'utilisateur du scénario devrait questionner le scénario utilisé sur les aspects suivants :

- Le narratif est-il explicite ou implicite ? L'énoncé est-il clair ?
- Le narratif est-il décrit explicitement selon les 5 déterminants (démographiques et sociaux, politiques, économiques, technologiques et environnementaux) ?
- La trajectoire décrite par le narratif suit-elle une tendance historique ou bien une rupture ?
- Les impacts du changement climatique sont-ils évoqués dans le narratif ?

b — Lecture à partir de l'équation de Kaya

Les scénarios énergie-climat publics font intervenir un grand nombre de variables physiques et socio-économiques déterminées en amont (hypothèses) ou calculées (résultats). Parmi ces variables, certaines peuvent être considérées comme structurantes (key drivers) dans l'évolution des émissions de CO₂ (IPCC, 2014⁵¹) et mériter par conséquent une attention particulière de la part de l'utilisateur de scénarios. C'est notamment le cas de la taille de la population, de la quantité d'énergie produite, de la croissance économique et du contenu en CO₂ de l'énergie produite.

La contribution de ces variables peut être représentée par **l'équation de Kaya** (Kaya, 1990) qui s'écrit généralement :

$$CO_2 = Pop \times \frac{PIB}{Pop} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{CO_2}{E}$$

ou également :

$$\Delta CO_2 = \Delta Pop + \Delta \left(\frac{PIB}{Pop} \right) + \Delta \left(\frac{E}{PIB} \right) + \Delta \left(\frac{CO_2}{E} \right)$$

Avec :

CO₂	les émissions mondiales de CO ₂ (énergétiques et industrielles)
Pop	la population mondiale
PIB	le PIB Mondial
E	la consommation d'énergie primaire
$\frac{PIB}{Pop}$	le PIB par habitant
$\frac{E}{PIB}$	l'intensité énergétique du PIB
$\frac{CO_2}{E}$	« l'intensité carbone » de l'énergie

Encadré 9 : Intensité énergétique et intensité carbone

L'intensité énergétique du PIB d'un pays (ou d'un groupe de pays), désigne le rapport entre la quantité d'énergie (primaire ou finale) consommée⁵² par ce pays et son produit intérieur brut. C'est donc la quantité d'énergie nécessaire pour produire une unité de PIB. Cette grandeur caractérise l'efficacité énergétique d'une économie.

L'intensité carbone de l'énergie (primaire ou finale) désigne le rapport entre la quantité de CO₂ émise par le système économique (usage de l'énergie et processus industriels) et la quantité d'énergie primaire consommée. Il s'agit donc de la quantité de CO₂ émise par unité d'énergie consommée.

Toute action qui vise à limiter les émissions de CO₂ revient à faire varier les déterminants de l'équation de Kaya⁵³ dans des proportions différentes.

Premier constat : au niveau mondial, les déterminants de l'équation de Kaya n'évoluent qu'à des taux relativement faibles, malgré les profonds changements qui ont marqué l'histoire depuis la fin des années 1970 (chocs pétroliers,

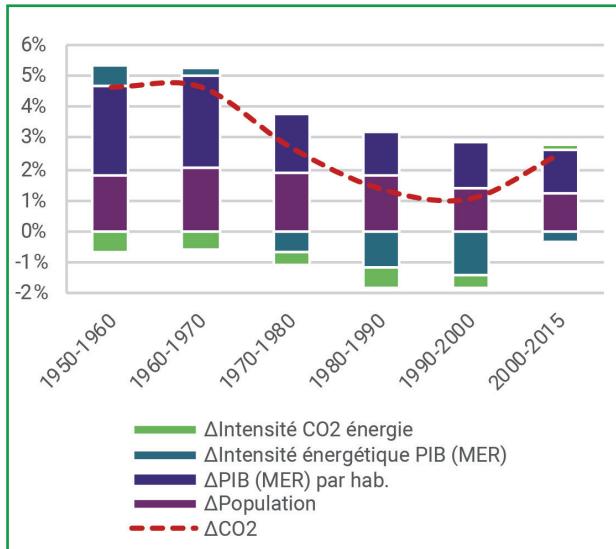
52 - Lorsqu'on résonne au niveau mondial, on peut considérer que la quantité d'énergie primaire produite et la quantité d'énergie primaire consommée sont égales aux variations de stocks (généralement marginales) près.

53 - Certaines limites existent (notamment parce que toutes les sources d'énergie ne sont pas substituables), mais cette analyse offre une bonne approche en première approximation pour l'analyse des scénarios mondiaux. "Results confirm that Kaya identity can be used widely and reliably for estimation of emissions and identification of effective factors globally to help in achieving emission reduction targets by helping governments to better predict emission rates". Voir notamment "How Precisely «Kaya Identity» Can Estimate GHG Emissions: A Global Review", Tavakoli et al. (2017)

51 - Voir "Box 5.1 : IPAT and Kaya decomposition methods", AR5 chap. 5, IPCC (2014).

chute de l'Union soviétique, etc.). Cela met notamment en évidence l'inertie du système économique.

Figure 12 : Variation annuelle moyenne des principaux déterminants de l'équation de Kaya entre 1950 et 2015 au niveau mondial.



Sources : pour la population, UN DESA World Population prospects 2019 ; pour le PIB (exprimé en MER⁵⁴) de 1950 à 1980, Maddison project, de 1981 à 2017, IMF World Economic outlook 2018 ; pour la production d'énergie primaire, de 1950 à 1965, Etemad & Luciani, de 1966 à 2017, BP Statistical review 2018 ; pour les émissions de CO2 (hors UTCF), Global Carbon budget

Depuis 1980, au niveau mondial, la croissance de la population (+1,5 %/an entre 1980 et 2015) et du PIB par habitant (+1,9 %/an entre 1980 et 2015) ont été les deux principales contributrices aux émissions de CO₂. Cette contribution a été en partie compensée (le taux de croissance des émissions de CO₂ est positif) par l'amélioration de l'intensité énergétique du PIB (-1,3 %/an de 1980 à 2015) et la baisse de l'intensité carbone de l'énergie (-0,2 %/an de 1980 à 2015).

Deuxième constat : diminuer significativement les émissions de CO₂ en préservant la croissance d'un déterminant implique nécessairement des efforts très importants pour réduire les autres déterminants de l'équation.

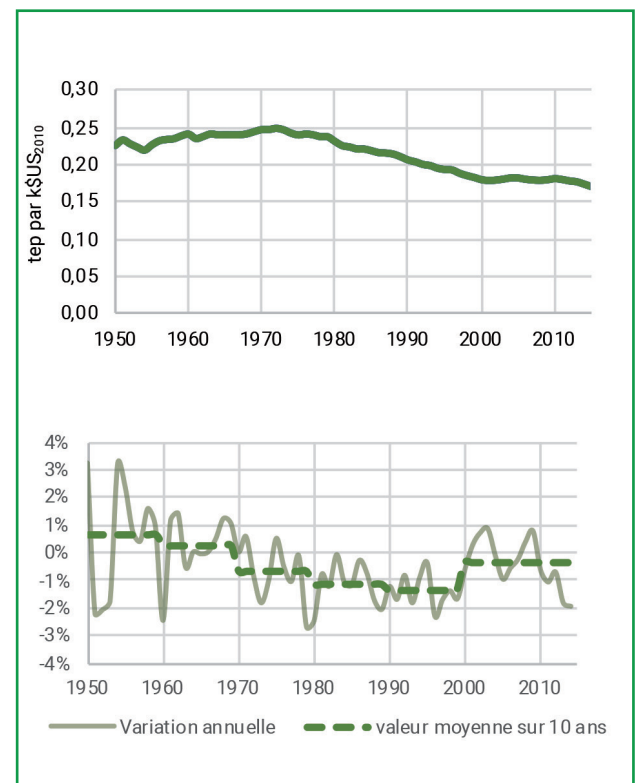
Les dynamiques démographiques sont structurellement très inertielles. Par ailleurs, les politiques démographiques coercitives font l'objet de débats sensibles et paraissent politiquement très difficiles à mettre en œuvre à brève échéance. Tout cela indique que les conditions permettant une limitation de la croissance, voire une diminution de la population, sont très exigeantes.

Le PIB par habitant est une variable historiquement croissante, et l'un des principaux indicateurs de la santé d'une économie. Elle caractérise entre autres choses la quantité de machines (consommatrices d'énergie) en activité. Si cela n'offre pas d'indications sur ses variations futures (notamment de moyen et long termes) sa décroissance comporte à tout le moins des conséquences socio-économiques politiquement perçues comme inacceptables.

Le fait de maintenir ces deux déterminants croissants implique mécaniquement de réduire fortement les deux autres déterminants : l'intensité énergétique du PIB et l'intensité carbone de l'énergie.

La réduction de l'intensité énergétique du PIB (i.e. de l'efficacité énergétique), souvent mise à contribution pour limiter les émissions de CO₂, n'évolue que très lentement depuis les années 1970 (elle n'a diminué que de 35 % entre 1980 et 2015).

Figure 13 : Évolution de l'intensité énergétique du PIB (en haut) et Variation annuelle de l'intensité énergétique du PIB (en bas) entre 1950 et 2015 au niveau mondial.



Source : Calcul The Shift Project (pour le PIB exprimé en MER de 1950 à 1980, Maddison project, de 1981 à 2017, IMF ; pour la production d'énergie primaire, de 1950 à 1965, Etemad & Luciani, de 1966 à 2017, BP Statistical review 2018)

Ce phénomène peut être associé à trois principales tendances qui se compensent plus ou moins :

54 - Market Exchange Rate (MER).

1. la modernisation (la mécanisation, puis l'automatisation, l'informatisation et la robotisation) du système économique, qui consiste essentiellement à remplacer du travail humain par celui de machines dont le fonctionnement nécessite de l'énergie. Cette tendance engendre d'importants gains de productivité mais tire la consommation d'énergie à la hausse.
2. le progrès technique permet d'améliorer l'efficacité énergétique des machines (on peut parler d'efficacité énergétique « technique ») qui, à production égale, consomment au fil du temps moins d'énergie, tirant la consommation d'énergie à la baisse.
3. l'amélioration « organisationnelle » du système économique qui consiste à améliorer la circulation des individus, des biens et des services d'une organisation ou d'un territoire, tire également, à niveau de production égal, la consommation d'énergie à la baisse.

Historiquement, les deux dernières tendances l'emportent sur la première, mais à un rythme très stable depuis 1980. **Cela traduit le couplage⁵⁵ très fort entre PIB et usage de l'énergie.**

L'évolution future de l'intensité énergétique du PIB est donc une question centrale pour les scénarios énergie-climat. Elle se pose en ces termes : « *Sera-t-il possible de réduire significativement et durablement l'intensité énergétique du PIB, en allant très au-delà de la tendance observée depuis 50 ans ?* »

À cette question, il n'est pas simple de formuler des réponses certaines. Les périodes de l'histoire récente au cours desquelles le système économique mondial a connu une contrainte réelle sur l'usage de l'énergie sont rares et courtes⁵⁶. La production d'énergie primaire a cru en moyenne de 3,5% /an entre 1950 et 2000 et de 2% /an depuis 2000.

Par ailleurs, l'amélioration de l'efficacité énergétique peut être compensée, au moins en partie, par un « effet rebond » (voir Encadré 10 : l'effet rebond, ci contre).

Encadré 10 : L'effet rebond

L'effet rebond est un phénomène économique qui décrit les conséquences de l'investissement de gains (financiers ou autres) liés à l'amélioration de « l'efficacité » (matière, énergétique) de l'usage d'un bien ou service.

Appliqué à l'énergie, l'effet rebond caractérise la consommation d'énergie supplémentaire entraînée par le réinvestissement des gains d'efficacité énergétique réalisés pour certains usages. Cette consommation supplémentaire peut compenser partiellement, voire totalement, les gains d'énergie attendus.

Par exemple, lorsqu'un particulier rénove thermiquement son logement, il réalise un gain économique (le coût de l'énergie qu'il n'achète pas). Ce gain peut être partiellement ou totalement réinvesti dans le même usage (on parlera d'effet rebond direct) ou dans d'autres usages potentiellement consommateurs d'énergie (on parlera d'effet rebond indirect), compensant dès lors les économies attendues d'une telle amélioration.

Il s'exprime généralement de la façon suivante :

$$\text{Effet rebond} = \frac{\text{gains énergétiques attendus} - \text{gains énergétiques réels}}{\text{gains énergétiques attendus}}$$

Au sein des pays de l'OCDE, l'effet rebond direct du transport automobile personnel et du chauffage domestique serait compris entre 10 % et 30 % des économies réalisées (Ademe, 2010).

L'effet rebond, s'il est bien réel, demeure cependant un phénomène complexe et difficile à quantifier. Il pourrait être plus important dans les pays émergents.

S'il ne s'agit pas de juger de la crédibilité d'un découplage PIB/Énergie rapide, fort, durable et probablement souhaitable dans le cadre du maintien de la température au-dessous de 2°C, il convient de souligner les limites d'une représentation trop simpliste ou « indolore », d'un tel découplage.

En d'autres termes, **réduire encore davantage à l'avenir l'intensité énergétique du PIB, toute chose égale par ailleurs, suppose des efforts très importants** de la part de

55 - On dira qu'il y a couplage lorsqu'une série d'années successives représentées par les couples (PIB/production de pétrole) sont alignées sur une droite.

56 - C'est le cas de la période 1979-1982 et de la période 2007-2009.

tous les acteurs, une transformation ambitieuse et profonde du système de production et de consommation d'énergie, de biens et de services ainsi qu'un contexte politique relativement favorable (stabilité et acceptation sociale).

Un scénario qui projeterait un découplage PIB/Énergie significatif et rapide devrait donc décrire les conditions très particulières de son occurrence (*i.e.* les raisons politiques, sociales, économiques, industrielles, techniques qui expliquent la baisse de l'intensité énergétique du PIB) dans son narratif et plus particulièrement :

1. Les raisons pour lesquelles ces gains d'efficacité sont physiquement réalistes ou possibles.
2. Les mesures encourageant l'efficacité énergétique « technique » pour tous les acteurs et les mesures de limitation de l'effet rebond.
3. Les potentielles mesures d'économie d'énergie pour les principaux acteurs (individus, organisations publiques et privées) dans les principaux secteurs consommateurs d'énergie (industrie, transports, bâtiment) et le réaménagement du territoire.
4. Les mesures réglementaires, fiscales, politiques entraînant les transformations du système économique (notamment l'appareil productif) associées au découplage PIB/Énergie.
5. Les changements comportementaux et sociaux rendant socialement acceptable le découplage PIB/Énergie.

Ces aspects devraient être décrits en particulier dans les principaux pays consommateurs d'énergie primaire.

La réduction de l'intensité carbone de l'énergie, qui suppose la réduction de la part des énergies fossiles dans le mix d'énergie primaire, est un levier incontournable pour limiter les émissions de CO₂.

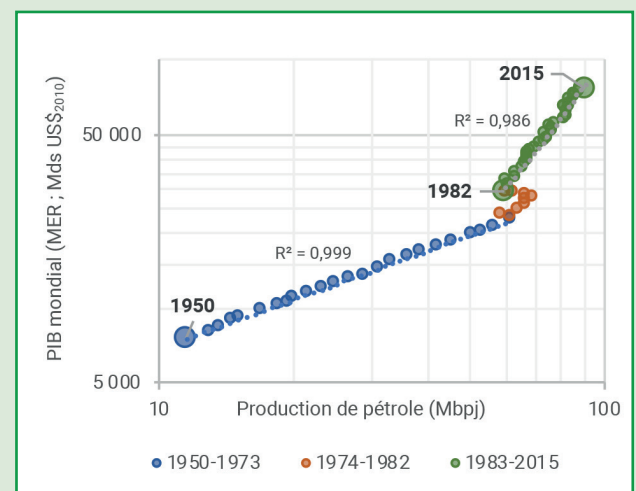
Une réduction significative de ce déterminant est techniquement possible, mais il suppose également de nombreux efforts, compte tenu de la dépendance forte du système économique aux hydrocarbures, particulièrement pour la production d'électricité (charbon et gaz) ainsi que dans les transports, l'industrie et le bâtiment (pétrole et charbon).

Encadré 11 : Couplage PIB/pétrole

L'analyse des séries historiques met en évidence le lien très fort entre la disponibilité⁵⁷ de pétrole brut (en volume) et la croissance économique au cours de la période qui a suivi la seconde guerre mondiale. Après les deux chocs pétroliers des années 1970, cette relation devient plus complexe, mais le couplage est resté fort jusqu'à nos jours.

La relation entre PIB et pétrole, observée jusqu'à aujourd'hui, et la modélisation de son évolution future, notamment dans le cadre de la décarbonation de l'économie, est un enjeu pour la cohérence des scénarios de transition et leur analyse⁵⁸.

Figure 14 : Évolution du PIB en fonction de la production de pétrole brut entre 1950 et 2017.



Source : « Méthodologie d'analyse des scénarios utilisés pour l'évaluation des risques liés au climat par une approche paradigmatique PIB-Pétrole », Lepetit (2018)

Le couplage PIB/Pétrole est marqué par trois phases bien identifiables :

1. **Les Trente glorieuses (1950-1973)** : on constate pendant cette période une exceptionnelle corrélation entre PIB et consommation de pétrole brut. Durant cette période « prospère », le PIB mondial a progressé rapidement - en moyenne de près + 5 % par an - et la production mondiale de pétrole brut au rythme très élevé de + 7,6 % par an.
2. **La crise des années 70 (1973-1982)** : on constate pendant cette période une rupture du couplage entre PIB

57 - La consommation de brut et sa production au niveau mondial sont assimilables, aux variations de stock près, relativement faibles par ailleurs. Ce n'est plus vrai pour une analyse par pays.

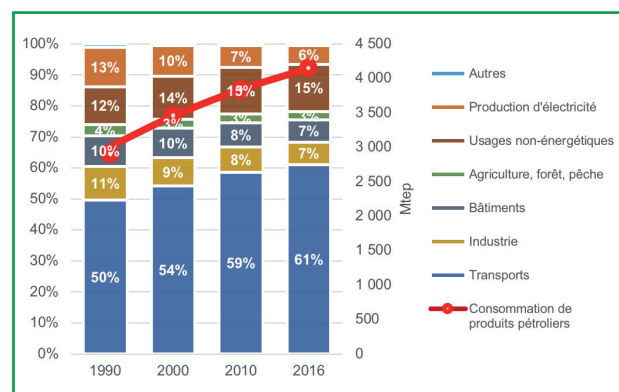
58 - La synthèse qui suit est fondée sur la note « Méthodologie d'analyse des scénarios utilisés pour l'évaluation des risques liés au climat par une approche paradigmatique PIB-Pétrole », publiée par Michel Lepetit (2018) ainsi que la note « Le scénario des scénarios de l'AIE », publié par The Shift Project (2017).

et consommation de pétrole brut qui bute sur des limites physiques. Cette période est notamment marquée par les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 qui se traduisent par une très forte augmentation du prix du pétrole⁵⁹. Ce « signal-prix » sans précédent a entraîné des mutations multiples et systémiques des organisations politiques, institutionnelles, économiques et sociales qui ont eu comme conséquence de violents soubresauts de la croissance économique mondiale. Dans la plupart des pays importateurs de pétrole, cette ressource a été l'objet de projets de maîtrise de la consommation et de substitution massive de sources d'énergie (notamment dans la production d'électricité ou encore dans le chauffage résidentiel). Le niveau de CAPEX mobilisés pour la recherche de nouvelles ressources pétrolières s'est considérablement accru également.

3. L'après choc pétrolier (1982-2016) : cette période correspond à un nouveau régime stable de couplage entre croissance et consommation de pétrole. La corrélation entre croissance du PIB et consommation de pétrole brut reste en effet très forte dans ce nouveau régime, mais les valeurs moyennes des paramètres macroéconomiques ont changé. La consommation mondiale de pétrole brut ne progresse plus que de +1,2 % par an (soit près de 6 fois moins vite qu'avant le choc des années 1970) et le PIB mondial ne croît plus « que » de + 3,2 % par an à compter de 1982. Le pétrole brut consommé est dorénavant plus efficace (économies d'énergie, substitution entre énergies), mais la croissance économique mondiale a néanmoins été affectée.

Alors que l'usage du pétrole a significativement changé depuis la crise des années 70 (la part du pétrole dans la production d'électricité passe de 21 % en 1973 à 9 % en 1985 puis à 3% en 2015⁶⁰), le système économique mondial demeure, avec plus de 4000 Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) consommées en 2016, très dépendant de la disponibilité des produits pétroliers.

Figure 15 : Usage mondial de produits pétroliers par secteur (en % sur l'axe de gauche en Mtep sur l'axe de droite).



Source : IEA website statistics

Cette consommation est essentiellement absorbée aujourd'hui par le **secteur des transports (de passagers, mais aussi de marchandises) et les usages non énergétiques (pétrochimie)**. Aucun renversement de tendance n'est aujourd'hui observé, comme l'indique le graphique ci-dessus, et cela malgré les fortes variations, souvent à la hausse, des prix des produits pétroliers (notamment pendant la période 2010-2014 pendant laquelle le prix du pétrole était de l'ordre de 100 \$/baril).

Au niveau mondial, l'élasticité de la demande de pétrole au prix⁶¹, de court terme comme de long terme⁶², observée depuis les années 1980, **demeure très faible** (de l'ordre de -0,1⁶³). En d'autres termes, même si le prix du pétrole augmente, l'impact sur la demande est relativement marginal.

L'ensemble de ces éléments témoigne du défi que représente aujourd'hui l'abandon de l'usage du pétrole pour une autre source d'énergie. Compte tenu de ses caractéristiques (densité en énergie, état liquide donc facile à stocker et à transporter, etc.), le pétrole peut être

61 - Variation de la demande associée à une variation du prix : élasticité de la demande au prix = $(\Delta \text{ Demande}) / (\Delta \text{ prix})$. Cette valeur est généralement négative (une augmentation du prix entraîne généralement une baisse de la demande). Plus celle-ci est faible (i.e. une hausse du prix n'affecte pas ou peu la demande à la baisse), plus la dépendance au bien considéré est forte et traduit l'absence de substitut à ce bien. L'élasticité de la demande au prix varie selon la zone géographique, le secteur et de l'horizon de temps considérés.

62 - La demande tend à être plus « inélastique » à court terme : les substituts ne sont pas nécessairement disponibles et les consommateurs ont besoin de temps pour adapter leurs habitudes de consommation.

63 - Voir notamment :

- "Oil Price Elasticities and Oil Price Fluctuations", International Finance Discussion Papers 1173, Board of Governors of the Federal Reserve System (2016) : Table A.3 - Oil Elasticities across Studies : Literature Search.

- "Using Meta-Analysis to Estimate World Oil Demand Elasticity", Uriá-Martinez et al. (2018)

- "World Oil Demand in the short and long run : a cross-country panel analysis", Bank of England and City University

59 - En dollars constants, les prix du pétrole ont été multipliés par 5 entre 1970 et 1974. Puis par 2 entre 1978 et 1980. En dollars courant, sur 10 ans, ces chocs auront produit une multiplication des prix du baril par 20.

60 - Données Banque Mondiale (Electricity production from oil sources (% of total)).

considéré comme la plus efficace et la plus « pratique » des énergies primaires.

S'il ne s'agit pas de juger ici de la possibilité ou de l'impossibilité de limiter très significativement l'usage de pétrole – limitation incontournable dans le cadre du maintien de la température au-dessous de 2°C –, ni de juger du potentiel des solutions alternatives existantes (voitures électriques par exemple), « sortir du pétrole », implique **des changements profonds du système de production** (notamment la disponibilité des ressources minérales pour développer d'autres sources d'énergie, comme par exemple la construction d'un parc de voitures électriques⁶⁴) et **des infrastructures** (notamment de production d'électricité), particulièrement dans les pays émergents.

En d'autres termes, un scénario qui projeterait une limitation de la consommation de pétrole, **devrait modéliser** ces aspects et indiquer **les moyens à mobiliser** ainsi que les potentielles **externalités socioéconomiques associées** (telles que celles observées pendant la crise des années 1970 par exemple).

Aide à la lecture

L'analyse de l'évolution des déterminants de l'équation de Kaya décrite dans les scénarios énergie-climat mondiaux, au regard des valeurs historiques observées, est une approche pertinente pour bien cerner la nature de la transition décrite dans ces scénarios, les leviers mobilisés et les potentielles ruptures de tendances.

L'utilisateur de scénarios devrait accorder une attention particulière à la description qualitative et quantitative des éléments justifiant la baisse de l'intensité énergétique du PIB (notamment la prise en compte de l'effet rebond) et la baisse de l'intensité carbone de l'énergie.

c — Autres éléments à considérer

L'ampleur du déploiement des technologies de captage et de séquestration artificielle du carbone (CCS) peut conduire à sous-estimer ou retarder les efforts de réduction des émissions de CO₂. Le budget carbone évoqué précédemment (voir partie 3.A.3, p.19) impose une temporalité à la transition vers un système économique

bas-carbone. Plus la mise en œuvre d'actions visant à réduire significativement les émissions de CO₂ seront tardives, plus l'ampleur et l'intensité de ces actions devront être importantes, et risque d'être finalement irréalisables dans un cadre « organisé ».

Les technologies de captage et de séquestration du carbone⁶⁵ pourraient constituer un levier supplémentaire pour accompagner la réduction des émissions de CO₂ en augmentant artificiellement le budget carbone disponible. Néanmoins, le recours à de telles technologies, alors qu'elles demeurent aujourd'hui en développement⁶⁶, dans des proportions importantes à court terme, demeure un défi technique, économique et politique.

La disponibilité des matériaux de la transition (terres et métaux rares) pourrait être perturbée. Au-delà des réserves d'énergie fossiles, d'autres ressources, telles que les terres et métaux rares, sont disponibles en quantités limitées (i.e. leur stock ne se renouvelle pas à l'échelle de l'humanité). Plusieurs de ces ressources (le cuivre par exemple, dans le cas d'une électrification massive) pourraient jouer un rôle important dans la transition bas-carbone. Or la disponibilité de tels matériaux ne va pas de soi. Au-delà du questionnement de la soutenabilité d'une demande potentiellement croissante (Elshkaki, 2016), les réserves connues de certains matériaux de la transition sont aujourd'hui contrôlées et produites par un nombre limité de pays dont les pouvoirs de marché risquent de s'accroître dans les années à venir (Hache, 2019). Enfin, comme pour toutes ressources de stock, la quantité d'énergie nécessaire pour extraire et produire une tonne de ces matériaux augmente au fil de leur production, compte tenu notamment de la baisse des teneurs en minerais.⁶⁷

Au-delà des enjeux d'atténuation largement décrits dans les scénarios énergie-climat publics, les enjeux liés à l'adaptation au changement climatique méritent également l'attention de l'utilisateur.

65 - Ce processus consiste à capter le CO₂ émis par différents procédés chimiques, à l'acheminer vers des réservoirs dans lesquels il sera séquestré. L'efficacité d'un tel procédé dépend notamment de la concentration de la source d'émissions de CO₂. Les réservoirs de stockage pourraient être des formations géologiques ou des réservoirs de gaz épuisés (tels que ceux de la mer du Nord). Le CO₂ capturé peut provenir de la combustion d'hydrocarbures (production d'électricité, industrie lourde) ou de procédés industriels (production de ciment, chimie lourde). Lorsque le CO₂ capturé provient de la combustion de bioénergie (biocarburant, biogaz, etc.) on parle alors de BECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage).

66 - L'AIE estime que 30 MtCO₂ sont aujourd'hui captées et séquestrées, soit moins d'un millième des émissions de CO₂ mondiales en 2017. Voir <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-and-storage/>

67 - Voir notamment « L'épuisement des métaux et minéraux : faut-il s'inquiéter ? », Ademe (2017) et « Les mines de cuivre vont continuer de décevoir », L'usine nouvelle (22/08/2012)

64 - On lira avec intérêt l'article « Pourquoi parle-t-on de « criticité » des matériaux ? » ainsi que l'analyse « Quelle criticité du lithium dans un contexte d'électrification du parc automobile mondial ? » publiés par l'IFPEN et l'IRIS.

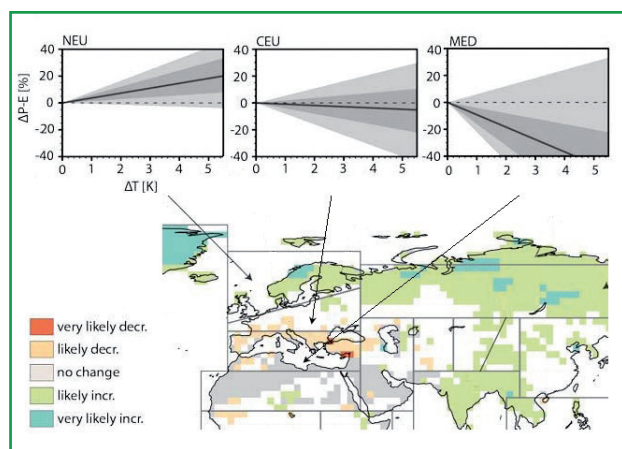
Les conséquences « physiques » du changement climatique (accroissement de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques extrêmes) font l'objet de recherches scientifiques continues et sont désormais bien documentées dans les différentes publications du GIEC.

Ces conséquences physiques se manifestent d'ores et déjà et pourraient s'accroître dans les années à venir.

Leur prise en compte dans les scénarios énergie-climat publics est donc essentielle. Il convient également de préciser que même si la limite des 2°C est respectée, des impacts significatifs pourraient déstabiliser le système économique⁶⁸.

Le « rapport spécial 1.5°C » du GIEC indique ainsi, parmi d'autres conséquences du changement climatique, que le pourtour méditerranéen pourrait subir des périodes de sécheresse plus intenses et plus durables pour une élévation de température de 2°C.

Figure 16 : Probabilité d'assèchement des régions du monde selon les modélisations du CMIP5



Le graphique ci-dessus, représente l'évolution de la différence « précipitations / évaporation » de trois zones géographiques dont le pourtour méditerranéen (carré « MED » en haut à droite) en fonction de l'élévation de température (en abscisse). Ainsi, si la différence précipitation / évaporation décroît, l'assèchement augmente d'autant. On voit que pour 1°C de réchauffement, l'assèchement augmente de 10 %, pour 2°C, il augmente de 20 % et pour 4°C il augmente de 40 %.

Source : rapport spécial 1.5°C du GIEC (2018)

Le maintien d'une cohérence géographique et sectorielle entre le périmètre du scénario et le reste du monde (i.e. le bouclage des flux et des stocks) est important.

68 - En raison d'une sécheresse persistante en 2018, le niveau du Rhin était suffisamment bas pour que le trafic fluvial soit interrompu. Bloomberg rapporte que cet événement a notamment affecté les activités de BASF, l'un des leaders mondiaux de la chimie industrielle et de l'aciériste Thyssenkrupp, Voir « Rhine River Could Run Too Low Again for Shipping in Germany », Bloomberg (2019)

Certains scénarios se concentrent sur un pays ou un secteur d'activité. Ces zones géographiques ou sectorielles n'en demeurent pas moins en interaction avec le reste du monde (qui demeure un système fermé).

Aide à la lecture

L'utilisateur du scénario devrait notamment identifier :

- si le déploiement de technologies de captage et séquestration du CO₂ est envisagé ; dans l'affirmative, il devrait mesurer le rythme et l'ampleur d'un tel déploiement ;
- si les impacts physiques du changement climatique sont pris en compte dans les projections ; s'ils ne le sont pas, il devrait identifier si le scénariste indique les raisons pour lesquelles ces impacts n'ont pas été pris en compte, et analyser la pertinence de ces raisons ;
- si la disponibilité des matériaux de la transition est évoquée et prise en compte par le scénariste ;
- si le scénariste a réalisé un bouclage avec le système extérieur (le reste du monde), en cas d'utilisation d'un scénario sectoriel ou circonscrit à une zone géographique particulière.

d — Enjeux de la modélisation

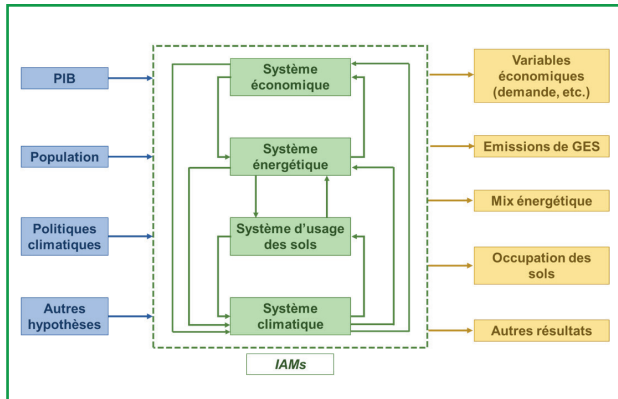
NB : Le développement qui suit est une synthèse de la note d'analyse des enjeux de modélisation réalisée par The Shift Project en collaboration avec l'IFPEN⁶⁹.

Les scénarios énergie-climat publics décrivent quantitativement les interactions complexes et interdépendantes entre les systèmes économique, énergétique et climatique. Pour ce faire, chacun d'eux repose sur des modèles.

Un modèle est une construction mathématique visant, à partir d'hypothèses d'entrée et de processus de résolution, à représenter le fonctionnement d'un système réel (le climat, l'économie d'un pays, etc.), et son évolution dans le temps, afin d'aider les utilisateurs à organiser d'une manière logique et cohérente un travail de réflexion sur le comportement d'un tel système.

69 - Voir « Note d'analyse sur les enjeux de modélisation », The Shift Project (2019)

Figure 17 : Représentation simplifiée de la structure d'un modèle d'évaluation intégrée (IAM)



La représentation proposée par le modélisateur demeure par nature simplifiée, dépend de l'objectif de modélisation et repose nécessairement sur des choix discutables, quel que soit le système réel étudié, et malgré les millions d'équations et de variables. Les résultats de l'exercice devront toujours être analysés au regard de ces aspects.

Lorsqu'un modèle est utilisé, il est important de distinguer le rôle du scénariste et celui du modélisateur (qui peuvent être le même individu). Le scénariste est le « client » du modélisateur, et demeure responsable du choix du modèle ainsi que du choix des hypothèses d'entrée, lesquelles traduisent le narratif du scénario. Le modélisateur est responsable de la structure du modèle et de la fixation de certains paramètres internes au modèle.

Encadré 12 : Variables du modèle

Parmi les variables qui interviennent dans le modèle, on distingue généralement les variables exogènes et les variables endogènes.

- **Les variables exogènes** ne sont pas calculées par le modèle. Ce sont des données d'entrée qui proviennent de sources extérieures⁷⁰. Elles sont considérées indépendantes de l'évolution des autres variables du modèle. Leur valeur n'est pas nécessairement constante et peut évoluer. Cependant, cette évolution doit être renseignée par l'utilisateur du modèle. Dans les modèles étudiés dans cette note, le PIB ou le coût des technologies sont généralement des variables exogènes. On parle alors d'hypothèses d'entrée.

70 - Cela peut être des résultats d'un autre modèle, des données provenant d'institutions de référence comme la Banque mondiale, l'Agence Internationale de l'Énergie, etc. ou encore l'avis d'experts.

- **Les variables endogènes** sont calculées par le modèle à partir de la résolution du système d'équations et de l'évolution d'autres variables, endogènes ou exogènes. Ces variables sont par nature les résultats du modèle que l'utilisateur cherche à obtenir. Dans les modèles étudiés dans cette note, la quantité d'énergie produite ou consommée, ou la part de chaque source d'énergie dans le mix énergétique sont souvent des variables endogènes.

Compte tenu de la complexité des enjeux énergie-climat, les modèles visant à décrire ces systèmes sont de plus en plus sophistiqués. Cet aspect rend particulièrement difficile la bonne compréhension de leur fonctionnement, notamment pour un non-initié. Pourtant, les résultats produits par un modèle dépendent beaucoup de sa structure et des choix du modélisateur.

Aide à la lecture

Les modèles sont des outils complexes, difficiles à appréhender par l'utilisateur non-initié. Il n'existe pas aujourd'hui de guide de lecture de tels outils. L'utilisateur pourrait toutefois distinguer, lorsque cela est possible, les variables exogènes des variables endogènes, afin d'identifier ce qui relève du scénariste ou du modélisateur.

2 Scénarios étudiés, critères de sélection, producteurs

Il existe une grande variété de scénarios énergie-climat publics conçus par une grande variété d'acteurs depuis plusieurs années. Alors que certains d'entre eux pourraient être utilisés par les entreprises, les « aides à la lecture » évoquées précédemment permettent d'en réaliser une analyse critique.

a — Qui conçoit les scénarios énergie-climat publics ?

Il faut distinguer plusieurs types de *concepteurs de scénarios* énergie-climat publics (également appelé scénaristes par la suite).

Les institutions internationales, telles que l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE ou IEA), le Conseil Mondial de l'Énergie (WEC) ou l'Agence Internationale des Énergies Renouvelables (IRENA). Ces organisations regroupent des pays membres, et défendent les intérêts de ces pays en fonction du mandat qui leur est confié. Certaines d'entre elles, notamment l'AIE, produisent des scénarios énergétiques depuis plusieurs décennies, et ont progressivement intégré les enjeux énergie-climat dans leurs scénarios. Elles bénéficient généralement de moyens conséquents (issus de financement des pays membres) ainsi que d'une expertise reconnue, qui leur permettent notamment la réalisation en interne de travaux de modélisation poussés. Ces acteurs ont aussi parfois recours à des modèles externes.

Les centres de recherche incluant des laboratoires de modélisation, tels que le Potsdam Institute for climate impact research (PIK) ou l'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Ces acteurs ont généralement développé un modèle qui leur appartient, et qu'ils utilisent à des fins de recherche ou commerciales. Leur caractère scientifique et l'expertise en modélisation dont ils disposent les conduisent à participer à des projets de recherche sur les enjeux énergie-climat. Certains de ces acteurs conçoivent des scénarios énergie-climat dans le cadre des travaux du GIEC, et sont regroupés au sein de l'*Integrated Assessment*

*Modeling Consortium*⁷¹ (IAMC). Ces organismes sont généralement financés par la contribution de différents types d'organisations (organismes de recherche, fondations, pouvoirs publics), des subventions ou encore leur activité commerciale.

Les organisations non-gouvernementales, telles que l'Institut pour le Développement Durable et les Relations Internationales (IDDRI) ou Greenpeace. La conception de scénarios n'est pas leur activité première. Lorsque ces acteurs publient des scénarios, ceux-ci sont généralement réalisés en partenariat avec des centres de recherches, dans le cadre d'un projet spécifique. Leur rôle vis-à-vis du modèle se limite à la définition des hypothèses d'entrée du modèle externe auquel ils ont recours.

Certaines entreprises, telles que certains grands énergéticiens (Shell, Equinor, BP). Ces acteurs conçoivent des scénarios dans le cadre de leur réflexion stratégique ou de leur communication sur leur vision des enjeux énergie-climat. Certains d'entre eux ont développé un modèle interne, généralement partiel (*i.e.* qui ne modélise qu'une partie du système énergétique et climatique). D'autres utilisent un modèle externe. Les scénarios conçus par ces acteurs peuvent ne pas être communiqués. Cette analyse se concentrera sur les scénarios que ces entreprises ont choisi de communiquer.

Figure 18 : Liste des concepteurs des scénarios analysés dans l'étude par catégorie

Acronyme	Désignation complète	Catégorie	Pays
IEA	International Energy Agency	Institution internationale	International
IRENA	International Renewable Energy Agency	Institution internationale	International
WEC	World Energy Council	Institution internationale	International
PBL	Netherlands environmental assessment agency	Centre de recherche	Pays-Bas
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis	Centre de recherche	International
NIES	Japan National Institute for Environmental Studies	Centre de recherche	Japon
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory	Centre de recherche	Etats-Unis
PIK	Potsdam Institute for climate impact research	Centre de recherche	Allemagne
Greenpeace	N/A	ONG	International
Shell	N/A	Entreprise	Pays-Bas
Equinor	N/A	Entreprise	Norvège
BP	N/A	Entreprise	Royaume-Uni

71 - L'IAMC est un consortium d'organismes de recherche scientifique créé en 2007 suite à une demande du GIEC et dont la fonction est de coordonner les travaux de la communauté des modélisateurs dans l'élaboration de nouveaux scénarios énergie-climat. L'IAMC regroupe aujourd'hui plus de 10 centres de recherche. Voir <http://www.globalchange.umd.edu/iamc/about/> et https://www.iamcdocumentation.eu/index.php/IAMC_wiki

Encadré 13 : L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE)

L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE ; International Energy Agency ou IEA) est une organisation internationale fondée au sein de l'OCDE en novembre 1974.

L'AIE est aujourd'hui constituée de 31 membres⁷² – tous signataires de l'Accord de Paris – également membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ses locaux sont situés à Paris.

Historique

L'AIE a été fondée en réponse au choc pétrolier de 1973, afin d'améliorer la résilience des pays importateurs de pétrole face à de potentielles ruptures d'approvisionnement, en supervisant et coordonnant la gestion des réserves stratégiques de pétrole. En d'autres termes, le mandat historique de l'AIE est d'agir pour sécuriser l'approvisionnement en hydrocarbures des principaux pays consommateurs.

En ce sens, l'AIE avait vocation à faire pendant à l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP), dont l'action à cette époque a largement contribué aux deux chocs pétroliers.

Depuis, les activités de l'AIE se sont considérablement élargies pour englober l'ensemble des enjeux énergétiques – bien que la sécurité de l'approvisionnement demeure au cœur de ses priorités – afin « d'assurer une énergie fiable, abordable et propre⁷³ ».

Suivant l'évolution mondiale et l'émergence de nouveaux profils de consommateurs d'énergie, l'AIE s'ouvre de plus en plus aux puissances émergentes. Une catégorie de « membres associés⁷⁴ » a ainsi été créée afin d'améliorer la représentativité de l'organisation, en reconnaissant notamment le rôle croissant de la Chine et de l'Inde dans le leadership mondial.

Objectifs

Aujourd'hui, l'action de l'AIE se structure autour de quatre objectifs :

- 1. la sécurité d'approvisionnement énergétique ;**
- 2. la libéralisation des marchés de l'énergie**, afin de favoriser la croissance économique et d'éliminer la pauvreté énergétique ;
- 3. la promotion de solutions visant à diminuer l'impact environnemental de la production et l'utilisation d'énergie**, en particulier pour lutter contre le changement climatique et la pollution atmosphérique ;
- 4. une action menée au niveau mondial** auprès de tous les acteurs pour faire face aux défis énergétiques et environnementaux.

Les activités de l'AIE apparaissent de plus en plus axées autour des enjeux de la transition énergétique et la limitation des émissions énergétiques de GES⁷⁵.

Certains observateurs soulignent la potentielle incompatibilité entre cette orientation et les deux premiers objectifs de l'AIE (sécurité de l'approvisionnement énergétique et promotion d'une libéralisation des marchés de l'énergie)⁷⁶.

Activités

Les activités de l'AIE se concentrent sur la publication d'analyses, de prévisions (production et consommation) et de statistiques sur le secteur de l'énergie. Parmi ces publications, les plus importantes sont le *World Energy Outlook*, les *IEA Market Reports*, les *Key World Energy Statistics* ou le *Monthly Oil Data Service*.

Les publications de l'AIE sont reprises et utilisées par un grand nombre d'acteurs économiques et politiques, conférant à l'organisation le statut de référence sur les enjeux énergétiques.

72 - Les membres fondateurs sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, l'Irlande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège (en vertu d'un accord spécial), les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. D'autres pays ont rejoint l'AIE par la suite : la Grèce (1976), la Nouvelle-Zélande (1977), l'Australie (1979), l'Australie (1979), le Portugal (1981), la Finlande (1992), la France (1992), la Hongrie (1997), la République tchèque (2001), la République de Corée (2002), la Slovaquie (2007), la Pologne (2008), l'Estonie (2014) et plus récemment le Mexique (2018).

73 - Voir site web de l'AIE : <https://www.iea.org/about/ourmission/>

74 - Membres associés : le Brésil, la Chine, l'Inde, l'Indonésie, le Maroc, Singapour et la Thaïlande.

75 - L'un des objectifs déclarés de l'AIE est de « promouvoir des politiques énergétiques durables qui stimulent la croissance économique et respectent l'environnement dans un contexte mondial - en particulier en termes de réduction d'émissions de GES, qui contribuent au changement climatique ». On retrouve par ailleurs de plus en plus de spécialistes des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et de l'économie environnementale au sein des équipes de l'AIE.

76 - L'ONG Oil Change international, note ainsi que sécuriser les approvisionnements énergétiques conduit – dans la conception de l'AIE (i.e. disponibilité ininterrompue de sources d'énergie à un prix abordable) – à favoriser le maintien du système de production actuel (les infrastructures de production et de transport sont des actifs de long terme) et que la libéralisation des marchés de l'énergie favorise les énergies fossiles (grands volumes, gros acteurs).

Ainsi, si d'autres organisations telles que l'*Energy Information Administration* (EIA) du gouvernement américain, certaines compagnies pétrolières ou encore l'OPEP publient régulièrement des prévisions énergétiques, l'AIE demeure le point de comparaison incontournable pour les acteurs de l'industrie de l'énergie.

Gouvernance et budget

L'AIE est officiellement une organisation intergouvernementale rattachée à l'OCDE. Compte tenu du rôle éminemment stratégique que joue l'énergie dans l'économie et les relations internationales, la gouvernance de cette organisation est un enjeu parfois délicat, notamment concernant le poids relatif de chaque pays et le rôle exercé par les acteurs de l'industrie de l'énergie.

Le **Conseil d'administration de l'AIE** est composé de hauts fonctionnaires issus des pays membres, et se réunit trois à quatre fois par an. Il s'agit du principal organe décisionnel de l'AIE.

Tous les deux ans, les ministres en charge de l'énergie des pays membres se réunissent dans le cadre d'une **réunion ministérielle** pendant laquelle les principales orientations de l'organisation sont fixées.

Les entreprises sont fréquemment consultées et interviennent dans les activités de l'AIE par l'intermédiaire de l'**Energy Business Council (EBC)**⁷⁷.

L'EBC est composé de représentants d'entreprises du secteur de l'énergie et de l'industrie ainsi que d'institutions financières. C'est l'organe par lequel l'AIE interagit avec le milieu des entreprises du secteur de l'énergie.

L'EBC a deux fonctions principales : (1) faciliter l'interaction entre les entreprises et les représentants des Etats membres ; (2) fournir à l'AIE un regard critique sur la qualité des travaux que l'Agence réalise, et s'assurer de leur pertinence pour les entreprises⁷⁸. L'AIE indique notamment que la participation des entreprises membres de l'EBC est particulièrement forte dans le cadre des travaux du *World Energy Outlook* (WEO), un des rapports annuels de l'agence.

La plupart des entreprises membres de l'EBC sont d'importants producteurs ou consommateurs d'hydrocarbures ainsi que des financeurs de l'industrie de l'énergie⁷⁹. Ces entreprises sont invitées aux réunions et rencontres organisées par l'AIE – notamment au conseil d'administration et à la réunion ministérielle⁸⁰. Une trentaine d'entreprises y participent⁸¹.

L'AIE interagit également avec l'industrie par l'intermédiaire de groupes thématiques, incluant le *Renewables Industry Advisory Board*, le *Coal Industry Advisory Board* et le *Electricity Security Advisory Panel*.

Le budget annuel de l'AIE était de 27,8 millions d'euros en 2018. Ce budget est audité tous les ans par l'administration de contrôle d'un des pays membres. Les recettes des publications de l'AIE financent plus d'un cinquième du budget annuel⁸².

78 - "One of the most important objectives of the EBC meetings is to provide feedback on IEA activities, with a specific focus on IEA publications such as *Medium-Term Market Reports*, the *World Energy Outlook* (WEO), *Global Energy Investment Report* (GEIR) and *Energy Technology Perspectives* (ETP)" sur <https://www.iea.org/energybusinesscouncil/>

79 - Voir la liste des membres.

80 - « CEOs and Chairpersons of EBC member companies regularly participate in biennial IEA Ministerial meetings », <https://www.iea.org/energybusinesscouncil/>.

81 - La dernière réunion au sommet du 7 au 8 novembre 2017 a ainsi réunit les 30 représentants des pays membres, les représentants des pays associés (dont la Chine et l'Inde) ainsi que des PDG parmi les 30 plus grosses entreprises du secteur de l'énergie.

82 - Voir site web AIE : <https://www.iea.org/about/structure/>

77 - Voir site web AIE : <https://www.iea.org/about/structure/>

b — Critères de sélection et liste des scénarios étudiés

Les scénarios étudiés ont été sélectionnés selon les critères explicités ci-dessous :

1. scénarios publiquement accessibles ;
2. scénarios publiés par une organisation réputée légitime en matière d'enjeux énergétiques ou climatiques et d'ores et déjà utilisés par des acteurs économiques ;

3. scénarios s'appuyant sur des données publiquement disponibles (gratuites ou non) ;
4. scénarios mis à jour sur une base régulière.

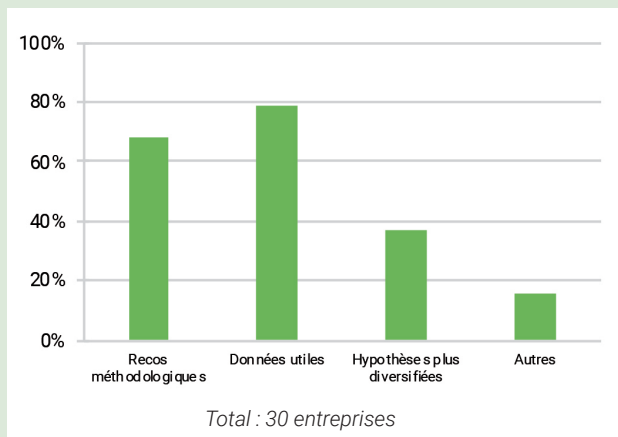
Ces critères de sélection s'inspirent largement de ceux suggérés par la TCFD dans son supplément technique⁸³. Ils recouvrent les principaux scénarios énergie-climat considérés largement comme légitimes et utilisables par des acteurs non-académiques.

Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises

Sur un panel d'une trentaine d'entreprises de l'Afep (issues de différents secteurs), interrogées dans le cadre de l'étude, près **d'une sur trois indique recourir à des scénarios publics** dans leur analyse des enjeux énergie-climat.

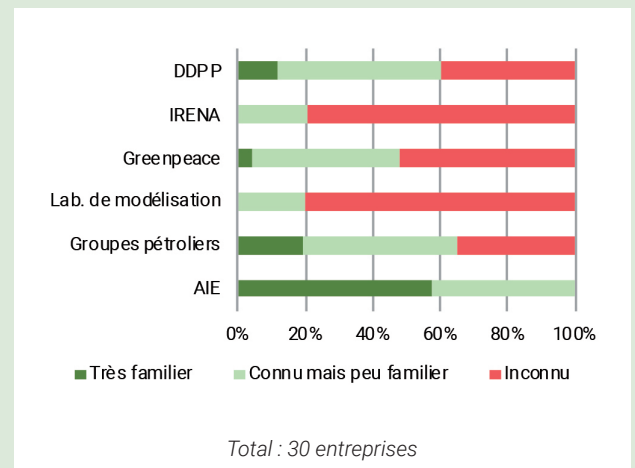
Les autres entreprises du panel indiquent que des recommandations méthodologiques sur l'usage des scénarios énergie-climat publics ainsi que la publication de données plus adaptées à leurs activités pourraient faciliter le recours à des scénarios publics.

Figure 19 : Pourcentage des entreprises du panel Afep estimant que le facteur considéré pourrait faciliter l'usage de scénarios énergie-climat publics dans leur analyse des enjeux énergie-climat.



Les scénarios réalisés par l'AIE (WEO 2018 et ETP 2017) sont de loin les scénarios les plus connus pour les entreprises interrogées, suivis des scénarios produits par les groupes pétroliers.

Figure 20 : Pourcentage des entreprises interrogées déclarant être très familières des scénarios énergie-climat publics présentés par la TCFD dans son supplément technique / les connaître mais en être peu familières / ou ne pas les connaître.



À l'exception des scénarios du *World Energy Council* et des groupes pétroliers, les scénarios de la liste ci-dessus sont également évoqués dans les documents publiés par la TCFD⁸⁴.

83 - Voir « The use of scenario analysis in disclosure of climate related risks and opportunities », TCFD (2017)

84 - On notera tout de même que dans le supplément technique adjoint au rapport final, les scénarios du Groupe de travail n°3 du GIEC n'étaient pas évoqués. Cette omission a été réparée par la suite lors de la conférence organisée conjointement par la TCFD et la Banque d'Angleterre qui regroupaient des émetteurs, des producteurs de scénarios et des investisseurs.

Figure 21 : Liste des scénarios étudiés.

Scénarios de transition	Acronyme	Concepteurs	Etude incluant le scénario	Scénarios de référence	Modèles utilisés	Horizons	Températures en 2100
New Policy Scenario	IEA-NPS	IEA	World Energy Outlook 2018	Current Policy Scenario (CPS)	WEM	2040	Sup. à 2°C
Sustainable Development Scenario	IEA-SDS	IEA	World Energy Outlook 2018	Current Policy Scenario (CPS)	WEM	2040	2°C
2°C Scenario	IEA-2DS	IEA	Energy Technology Perspectives 2017	Reference Technology Scenario (RTS)	TIMES	2060	2°C
Beyond 2°C Scenario	IEA-B2DS	IEA	Energy Technology Perspectives 2017	Reference Technology Scenario (RTS)	TIMES	2060	<2°C
Marqueur SSP1 – 2.6 – Green growth	SSP1-2.6	PBL	IPCC AR6 WGIII	Marqueur SSP1 - Baseline	IMAGE	2100	2°C
Marqueur SSP2 – 2.6 – Middle of the road	SSP2-2.6	IIASA	IPCC AR6 WGIII	Marqueur SSP2 – Baseline	MESSAGE-GLOBIOM	2100	2°C
Marqueur SSP3 – 3.4 – Regional rivalry	SSP3-3.4	NIES	IPCC AR6 WGIII	Marqueur SSP3 – Baseline	AIM/CGE	2100	>2°C
Marqueur SSP4 – 2.6 – Inequality	SSP4-2.6	PNNL	IPCC AR6 WGIII	Marqueur SSP4 – Baseline	GCAM	2100	2°C
Marqueur SSP5 – 2.6 – Fossil fuels dev.	SSP5-2.6	PIK	IPCC AR6 WGIII	Marqueur SSP5 – Baseline	REMIND-MAGPIE	2100	2°C
SR15 – Scénario P1 (LED)	SR15-P1	IIASA	IPCC SR 1.5	Marqueur SSP2 – Baseline	MESSAGE-GLOBIOM	2100	<2°C
SR15 – Scénario P2 (Marqueur SSP1)	SR15-P2	PBL	IPCC SR 1.5	Marqueur SSP1 - Baseline	IMAGE	2100	<2°C
SR15 – Scénario P3 (Marqueur SSP2)	SR15-P3	IIASA	IPCC SR 1.5	Marqueur SSP2 – Baseline	MESSAGE-GLOBIOM	2100	<2°C
SR15 – Scénario P4 (Marqueur SSP5)	SR15-P4	PIK	IPCC SR 1.5	Marqueur SSP5 – Baseline	REMIND-MAGPIE	2100	<2°C
[R]evolution	GrP - Rev	Greenpeace	Energy [R]evolution	Reference scenario	MESAP/Planet	2050	2°C
Remap	IRENA-Remap	IRENA	Global energy transformation	Reference scenario	E3ME	2050	2°C
Modern Jazz	WEC - MJ	WEC	The grand transition – scénario 2016	N/A	GMM	2060	>2°C
Unfinished Symphony	WEC - US	WEC	The grand transition – scénario 2016	N/A	GMM	2060	>2°C
Hard Rock	WEC - HR	WEC	The grand transition – scénario 2016	N/A	GMM	2060	2°C
Scénario Ocean	Ocean	Shell	New lens scenarios	N/A	In house model	2070	>2°C
Scénario Mountain	Mountain	Shell	New lens scenarios	N/A	In house model	2070	>2°C
Scénario Sky	Shell-Sky	Shell	New lens scenarios	N/A	In house model	2070	2°C
Scénario Rivalry	Equinor - Rivalry	Equinor	Energy perspectives 2018	N/A	In house model	2050	>2°C
Scénario Renewal	Equinor - Renewal	Equinor	Energy perspectives 2018	N/A	In house model	2050	2°C
Scénario Reform	Equinor - Reform	Equinor	Energy perspectives 2018	N/A	In house model		>2°C
Scénario EFT	BP-EFT	BP	BP Energy Outlook 2018	N/A	In house model	2040	2°C

Encadré 15 : Présentation des *Shared Socio-economic Pathways (SSPs)*

Les SSPs sont des scénarios développés par des centres de recherche (IAMC) dans le cadre des travaux du GIEC. Ces scénarios projettent **l'évolution des systèmes socio-économiques**, des **systèmes énergétiques**, de l'utilisation des sols, de la pollution atmosphérique et des émissions de GES. **Ils s'articulent autour de cinq narratifs** décrivant chacun un contexte socio-économique différent **et incluent des projections quantitatives** des principales variables (économique, démographique, énergétique et environnementale) cohérentes avec les narratifs.

Cinq familles de SSP ont été réalisées. Chacune regroupe :

1. **Un scénario de référence (*baseline*)** qui projette un avenir marqué par l'absence de politiques supplémentaires visant à limiter le réchauffement climatique ou à améliorer la capacité d'adaptation.
2. **Plusieurs scénarios « de transition »** qui résultent de la combinaison des *scénarios de référence* avec un ensemble de mesures politiques (*Shared Political Assumptions, SPAs*) visant à atténuer les effets du changement climatique, et permettant d'atteindre des niveaux d'émissions et de concentration de GES dans l'atmosphère compatibles avec les *RCPs* (notamment $2.6 \text{ W/m}^2 \sim 2^\circ\text{C}$ et $1.9 \text{ W/m}^2 \sim 1,5^\circ\text{C}$).

Chaque famille de SSP repose sur un narratif décrivant qualitativement l'évolution du contexte socio-économique mondial. Chacun des cinq narratifs vise à décrire un monde dans lequel les tendances politiques, sociales, économiques ou encore techniques sont susceptibles de rendre l'atténuation et l'adaptation au changement climatique plus ou moins difficile, mais **sans tenir compte explicitement du changement climatique lui-même**. Les « défis » liés à l'atténuation ou à l'adaptation se rapportent aux caractéristiques sociales, économiques, politiques et techniques des sociétés.

On retiendra les éléments suivants :

- deux des narratifs décrivent des avenirs pour lesquels les défis en matière d'adaptation et d'atténuation sont faibles (SSP1) ou élevés (SSP3).
- deux cas asymétriques décrivent des avenirs dans

lesquels des défis élevés à l'atténuation sont combinés avec des défis faibles à l'adaptation (SSP5), et vice et versa (SSP4).

- un cas central décrit un monde dans lequel les défis en matière d'adaptation et d'atténuation sont l'un et l'autre modérés (SSP2).

Ces cinq narratifs sont communs aux scénarios « de référence » et aux scénarios « de transition ». (voir Encadré 19 : Narratifs des scénarios SSP, p.77, pour plus de détails sur le contenu des narratifs)

Les narratifs précédents sont complétés par des projections quantitatives.

- pour les *scénarios de référence*, ces projections n'intègrent pas de mesure de limitation des émissions de GES ;
- pour les *scénarios de transition*, les mesures de limitation des émissions sont intégrées⁸⁵ (*SPAs*).

Ces projections quantitatives sont réalisées à partir des modèles de simulation (IAM, voir section 8.B.1.d, p.63) développés par les membres de l'IAMC. On retiendra notamment les associations « narratif-modèle » ci-dessous :

- **projections du SSP1** : le modèle *IMAGE* du *PBL* ;
- **projections du SSP2** : le modèle *MESSAGE-GLOBIOM* du *IIASA* ;
- **projections du SSP3** : le modèle *AIM/CGE* du *NIES* ;
- **projections du SSP4** : le modèle *GCAM* du *PNNL* ;
- **projections du SSP5** : le modèle *REMIND-MAGPIE* du *PIK*.

Les scénarios (de référence ou de transition) qui résultent de ces combinaisons « SSP/modèle » et d'un certain jeu d'hypothèses défini sont appelés SSP « *marqueurs* ».

Au-delà de ces SSPs « marqueurs », plusieurs centaines de scénarios résultant d'autres associations « SSP/modèle » et d'autres hypothèses ont été réalisés⁸⁶.

⁸⁵ - Le rapport final reviendra sur les mécanismes selon lesquels les mesures sont intégrées.

⁸⁶ - L'ensemble des scénarios analysés par le GIEC et les données associées (dont la résolution sectorielle et géographique est plus ou moins précise) sont accessibles publiquement. Voir notamment la base de données des SSP et la base de données des scénarios 1.5°C.

Encadré 16 : Scénarios de l'AIE

L'AIE produit deux familles de scénarios qui diffèrent selon plusieurs aspects, notamment le modèle et les hypothèses sur lesquels ils reposent ou leur finalité.

La première famille de scénarios est celle du World Energy Outlook (WEO). Cette étude est la plus reconnue et célèbre de l'AIE. Publié chaque année en novembre, le WEO regroupe plusieurs scénarios d'évolution de l'offre et de la demande d'énergie et offre une analyse destinée aux décideurs politiques et économiques en matière de politique énergétique et d'investissement.

La première édition du *World Energy Outlook* a été publiée en 1994 et offrait une perspective du système énergétique jusqu'en 2010. À l'exception de 1997, une édition a été publiée chaque année.

Pour construire les scénarios décrits dans le WEO, les équipes de l'AIE utilisent un modèle de simulation appelé *World Energy Model* (WEM) qui permet, à partir de tendances historiques et de projections économiques (PIB) et démographiques exogènes, de produire une projection optimisée au moindre coût de l'offre et de la demande d'énergie pour plusieurs secteurs de l'économie et plusieurs régions. Au fil de ses 24 années d'existence, le WEM s'est considérablement enrichi et complexifié.

L'horizon de temps considéré par le WEO s'est également accru au fil des publications⁸⁷. Le WEO 2018 se projette ainsi en 2040.

Historiquement, le WEO regroupe un scénario de référence (poursuite des tendances) et un ou plusieurs scénarios « politique alternative » (*alternative policies*) dans lesquels de nouvelles orientations sont testées.

En parallèle de la prise de conscience mondiale des enjeux représentés par le changement climatique, l'AIE a progressivement fait évoluer la teneur et l'orientation des scénarios du WEO. Des scénarios prenant en compte des objectifs de concentration de GES dans l'atmosphère font ainsi leur apparition dans le WEO 2008 (*550 et 450 scenario*). Depuis, chaque édition inclut de tels scénarios.

Le WEO 2018 regroupe désormais trois scénarios principaux :

- *Le Current Policy Scenario* (CPS) qui constitue le scénario de référence du WEO et n'envisage pas de nouvelles actions au-delà de 2017 autres que celles prises avant cette date ;
- *Le New Policy Scenario* (NPS) qui se veut exploratoire et incorpore les engagements des Etats dans le cadre de l'Accord de Paris notamment (*Nationally Determined Contributions*). L'AIE indique que ce scénario vise à évaluer les conséquences de ces engagements sans objectifs particuliers à atteindre.⁸⁸
- *Le Sustainable Development Scenario*, qui apparaît pour la première fois dans l'édition 2017 du WEO, et qui se veut héritier du « 450 scenario » dans le sens où le scénario décrit un monde dans lequel la limite des 2°C est respectée.

Au fur et à mesure, on observe que la place accordée au scénario « bas-carbone » augmente. Alors qu'en 2017, le scénario NPS était considéré comme le scénario central du WEO⁸⁹, un rééquilibrage a été opéré dans l'édition 2018 au profit du scénario SDS avec un chapitre dédié à ce scénario.

L'Energy Technology Perspectives (ETP) regroupe la deuxième famille de scénarios. Cette étude fait suite à la demande du G8 de Gleneagles de 2005 (voir partie 8.B.2.c, p.72). Son objectif est d'analyser les opportunités et les enjeux liés au déploiement de solutions techniques dans le secteur de l'énergie, et plus précisément leur potentiel de rupture, notamment dans le cadre d'objectifs climatiques.

Trois scénarios composent cette étude en 2017 :

- Le *RTS* (Reference Technology scenario), assez proche du New Policy Scenario du WEO ;
- Le *2DS* (2°C scenario), scénario qui respecte la limite des 2°C de réchauffement ;
- Le *B2DS* (Beyond 2°C scenario) qui projette un réchauffement bien inférieur à 2°C.

Les trois scénarios de cette famille, publiés sur une base annuelle, sont conçus par une équipe différente et repose sur un modèle également différent (TIMES). La dernière édition de l'ETP date de 2017.

87 - Pour les éditions de 1998 à 2001, l'horizon de temps était 2020. De 2002 à 2009, le WEO se projetait à 2030 ; de 2010 à 2013, à 2035. Depuis l'édition de 2014, l'horizon de temps est 2040.

88 - Le WEO2018 indique notamment p.29 "Where commitments are aspirational, this scenario makes a judgement as to the likelihood of those commitments being met in full. It does not focus on achieving any particular outcome: it simply looks forward on the basis of announced policy ambitions".
89 - Le WEO 2017 indique ainsi : "The New Policies Scenario is the central scenario of this Outlook, and aims to provide a sense of where today's policy ambitions seem likely to take the energy sector".

Encadré 17 : Scénarios 1.5°C du Rapport spécial 1.5°C (SR-1.5) du GIEC (2018)

En octobre 2018, le GIEC a publié un rapport spécial 1.5°C afin d'évaluer les impacts d'un réchauffement de 1.5°C en ligne avec l'objectif de l'Accord de Paris sur le climat signé en 2015.

Dans ce document, quatre scénarios représentant chacun une trajectoire d'émissions de CO₂ associées à un jeu de déterminants socioéconomiques, ont été présentés. Il s'agit des scénarios P1, P2, P3 et P4.

- **Le scénario P1** (*low energy demand*) est un scénario qui projette une baisse de la demande énergétique mondiale en envisageant une profonde transformation sociétale et institutionnelle de la façon dont les services énergétiques sont consommés et produits. Le narratif du scénario, très détaillé, reprend particulièrement ces aspects. Au-delà, le scénario P1 peut être inclus dans la famille des scénarios

SSP2, avec lesquels ils partagent certains éléments de narratif, et les principales hypothèses d'entrée (population et PIB notamment).

- **Le scénario P2** appartient à la famille des scénarios SSP1. Il est construit sur le même narratif et les mêmes hypothèses d'entrée, mais vise une élévation de la température limitée à 1.5°C (1,9 W/m² de forçage radiatif).
- **Le scénario P3** appartient à la famille des scénarios SSP2. Il est construit sur le même narratif et les mêmes hypothèses d'entrée, mais vise une élévation de la température limitée à 1.5°C (1,9 W/m² de forçage radiatif).
- **Le scénario P4** appartient à la famille des scénarios SSP5. Il est construit sur le même narratif et les mêmes hypothèses d'entrée, mais vise une élévation de la température limitée à 1.5°C (1,9 W/m² de forçage radiatif).

c — Comment les scénarios énergie-climat publics sont-ils utilisés aujourd'hui ?

Depuis leur apparition au cours des années 1970 les scénarios énergie-climat ont été utilisés à plusieurs fins. Comme indiqué précédemment, la nature des usages de scénarios a significativement influencé la façon dont ils ont été conçus, notamment le choix des modèles sur lesquels ils reposent.

Les scénarios énergie-climat sont utilisés dans le cadre de recherches académiques « exploratoires » sur les enjeux climatiques. Les scénarios visent alors à répondre à une question du type « *quels sont les impacts (climatiques) d'une trajectoire socioéconomique définie ?* ». Cette approche s'inscrivait notamment dans la démarche du GIEC avec le *Special report on emissions scenarios*⁹⁰ (SRES), au début des années 2000. Cet usage est essentiellement le fait d'acteurs académiques et concerne surtout les scénarios réalisés par des centres de recherche.

Les scénarios énergie-climat sont utilisés pour l'évaluation des politiques d'atténuation du changement climatique (présentes ou futures). C'est notamment le cas des scénarios étudiés par le Groupe de travail n°3 du GIEC. Cet usage s'est développé depuis 2008 avec le développement des *Representative Concentration Pathways (RCPs)* et des *Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)* (voir Encadré 15 : Présentation des *Shared Socio-economic Pathways (SSPs)*, p. 70).

C'est également l'un des objectifs des scénarios produits par l'AIE (depuis 2008 avec la publication du premier « 450 scenario »), qu'il s'agisse du *World Energy Outlook* ou de *l'Energy Technology Perspectives*. Cette dernière étude a ainsi été réalisée, à la suite à une demande des Etats participant au G8 de Gleneagles en 2005, dans laquelle ils mandataient l'AIE pour produire des scénarios décrivant une voie vers un système énergétique « propre, intelligent et compétitif⁹¹ ».

90 - *Special Report on Emissions Scenarios*, GIEC, 2000

91 - « *The IEA will advise on alternative energy scenarios and strategies aimed at a clean, clever and competitive energy future.* » Sommet du G8 de Gleneagles, 8 juillet 2005 – « *Climate Change, Clean Energy and Sustainable Development* ».

Les scénarios visent alors à répondre à une question du type « *quelle trajectoire permettra d'atteindre tel objectif ?* », ou encore « *quels choix technologiques et quelles politiques sont nécessaires pour atteindre un objectif de réchauffement spécifique ?* ».

Cet usage est le fait d'acteurs académiques, et plus marginalement d'acteurs politiques et économiques.

Les scénarios énergie-climat sont utilisés par des entreprises du secteur de l'énergie ou de secteurs très grands consommateurs d'énergie (extraction de matières premières, etc.) pour étayer leur stratégie. Cet usage est lié à la raison pour laquelle ces scénarios ont été conçus (notamment les scénarios de l'AIE), initialement à destination des acteurs du secteur de l'énergie. Les scénarios énergie-climat, adaptés aux enjeux auxquels sont confrontés ces secteurs, sont fréquemment cités depuis plusieurs années dans leurs documents de référence, afin d'étayer certaines orientations stratégiques⁹², ou certaines décisions, notamment d'investissement⁹³. D'une manière générale, un tel usage pourrait s'étendre à d'autres secteurs d'activité, notamment financier⁹⁴, afin de démontrer la cohérence des stratégies avec l'objectif de limitation des émissions de GES (voir chapitre 10., p.110).

Les scénarios énergie-climat sont utilisés par des institutions publiques dans certains arbitrages. Ces scénarios peuvent constituer des éléments de référence sur lesquels certaines institutions publiques peuvent s'appuyer, au moment de décisions concernant par exemple l'autorisation ou le rejet d'un projet d'infrastructure⁹⁵.

Les outils d'analyse⁹⁶ qui se développent depuis la COP21 ont pour la plupart recours à des scénarios énergie-climat (voir partie 9.C.3 et 9.C.4, p.104 et 107).

Ces trois derniers usages s'appuient quasi-exclusivement sur les scénarios conçus par l'AIE. Cette organisation jouit d'une grande crédibilité auprès des acteurs politiques et économiques au sujet des enjeux énergétiques. L'inclusion des enjeux de transition et de limitation des émissions de GES en fait également une référence sur ces sujets.

L'AIE bénéficie en effet (1) d'une antériorité d'une dizaine d'années sur ce thème (premier scénario de transition publié dans le WEO2008) ; (2) d'une compétence reconnue, du point de vue énergétique ; (3) de moyens conséquents en termes d'expertise mobilisable.

Ces constats ont conduit la TCFD à mettre fortement en avant les scénarios produits par l'AIE dans son rapport final⁹⁷. Certains acteurs de la notation n'évoquent que ces scénarios dans leurs documents méthodologiques (voir partie 10.C, p.114). La probabilité est donc élevée que ces scénarios soient à l'avenir confortés dans leur position déjà dominante dans le paysage institutionnel de la lutte contre le changement climatique.

Les scénarios de l'AIE sont également ceux avec lesquels les entreprises sont les plus familières (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68)

92 - Dans son rapport « Climat 2018 », Total indique, pour ne citer que cet extrait, « Convaincus que les hydrocarbures auront un rôle primordial à jouer dans les décennies à venir, comme le montre l'ensemble des scénarios de l'AIE, nous maintenons dans nos métiers traditionnels une politique d'investissement sélectif, facteur clé d'une performance durable ». D'autres exemples de la même nature sont présentés dans le rapport « Off Track » (2018) de l'ONG Oil Change international.

93 - Dans son rapport 2018 Energy & Carbon Summary, Exxon indique : « Considering the IEA's Sustainable Development Scenario (a 2°C scenario), the IEA estimates that almost \$14 trillion of investment will be needed for oil and natural gas supply between 2017 and 2040 »

94 - La banque Barclays indique avoir recouru aux scénarios du WEO2015 pour analyser son exposition aux risques de transition.

95 - Voir rapport « Off Track » (2018) de l'ONG Oil Change international

96 - Voir notamment l'initiative Science Based Targets (SBT), le projet ACT (Ademe et CDP) et le Energy transition risks project.

97 - Le rapport final de la TCFD indique « The most well-known and widely used and reviewed scenarios for transition to a low carbon economy are those prepared by the IEA. A majority of analyses conducted by academic and industry analysts are built upon or compared with the IEA scenarios. »

Encadré 18 : L'utilisation de scénarios par le GIEC

L'évaluation de scénarios est l'une des composantes des travaux du GIEC. Le processus de construction et d'évaluation des scénarios a évolué depuis le 5^{ème} Rapport d'Évaluation (2014). Alors que pour les deux précédents rapports (AR3 et AR4), une approche séquentielle avait été adoptée⁹⁸, la nouvelle approche retenue a pour objectif de favoriser le travail « parallèle » des différents spécialistes **afin d'accélérer le processus d'évaluation jugé trop long dans la première approche.**

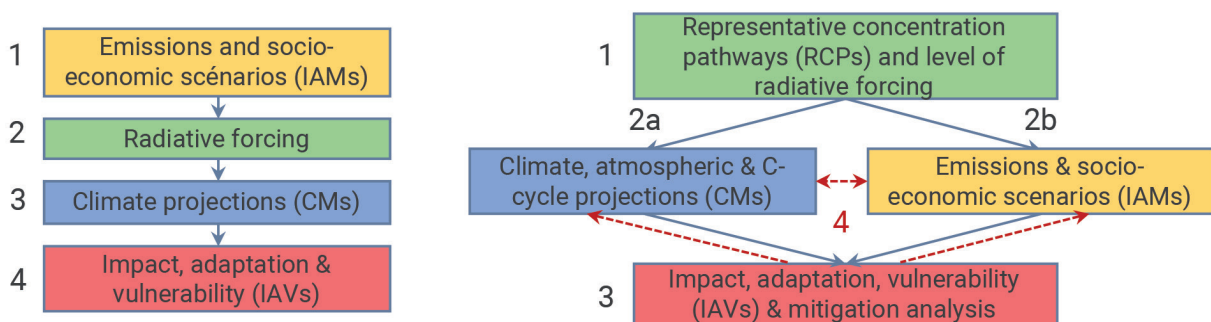
Ce processus⁹⁹ se décompose de la façon suivante :

1. Définition de quatre trajectoires d'émissions et de concentrations de gaz à effet de serre : les « *Representative Concentration Pathways* » (RCPs) (voir section 8.A , p.55)
2. Ces RCPs sont utilisés ensuite parallèlement par les différentes équipes d'experts : notamment les climatologues, les économistes et les spécialistes de l'adaptation.
 - a. Les climatologues en déduisent des **projections climatiques** globales ou régionales (*Climate modeling ou CMs*) à partir des quatre RCPs.
 - b. Les économistes établissent des scénarios

qui explorent toutes les possibilités d'évolutions technologiques et socio-économiques compatibles avec les RCPs : les *Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)*. **Les SSPs ont été développés pour compléter les RCPs avec des éléments socio-économiques variés** en matière d'adaptation et d'atténuation au changement climatique. Ces scénarios incluent cinq narratifs différents et projettent l'évolution du système socioéconomique, des systèmes énergétiques, de l'utilisation des sols, de la pollution atmosphérique et des émissions de GES (voir Encadré 19 : Narratifs des scénarios SSP, p.77).

3. Les experts de la recherche sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité (IAVs) face au changement climatique, établissent des priorités pour l'évaluation et l'application des scénarios.
4. Les projections des climatologues (CMs) et des économistes (SSPs) sont intégrées dans un ensemble cohérent de scénarios afin d'être utilisées pour analyser les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation (Impacts, Adaptation et Vulnérabilité ou IAVs), notamment dans le cadre du groupe de travail n°2 du GIEC.

Figure 22 : Processus de construction des scénarios évalués par le GIEC dans les 3^{ème} et 4^{ème} (à gauche) et 5^{ème} (à droite) Rapports d'Évaluation.



Source Giec

98 - Dans le cadre du Special Report on Emission Scenarios (SRES), quatre familles de scénarios avaient été développées, caractérisées par des scénarios socio-économiques projetant différentes voies de développement. Les scénarios climatiques résultant ont ensuite été appliqués à la recherche sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité (IAVs). Cette approche séquentielle - des facteurs socio-économiques et des émissions aux projections climatiques, en passant par l'évaluation des impacts - a été jugée peu efficace au regard du temps nécessaire pour compléter l'analyse, et abandonnée.

99 - Pour davantage de détails sur ce processus, on pourra se référer à la documentation disponible sur le site web du GIEC ainsi qu'au papier du CIRED « Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique » (Guivarch et Rozenberg, 2013).

3 Analyse des scénarios énergie-climat publics et pistes d'amélioration

L'analyse qui suit reprend les différents points « d'aide à la lecture » de la partie 8.B.1, p.56 « *Comment lire un scénario énergie-climat public ?* ». Elle se fonde sur les données mises à disposition par les concepteurs de scénarios énergie-climat publics de la liste évoquée dans la section 8.B.2.a « *Critères de sélection et liste des scénarios étudiés* », ainsi que sur des séries historiques dont la méthodologie de construction est détaillée en annexe du rapport (voir Annexe 3 : construction des séries historiques, p.123).

a — L'accessibilité des données est limitée

Les données quantitatives et les informations qualitatives communiquées par les scénaristes constituent la matière première de tout travail d'analyse de scénarios.

Cette matière première est généralement présentée par le scénariste dans un document reposant sur une structure spécifique et pouvant être accompagné d'éléments annexes tels que des tables incluant les données quantitatives.

Premier constat : la présentation des résultats est hétérogène et l'accessibilité des données parfois limitée.

La présentation des résultats de l'étude d'une famille de scénarios, *i.e.* la structure du document publié et son contenu, reflètent la question à laquelle ces scénarios sont sensés répondre et le public cible auquel ces résultats sont destinés. Comme ces questions et ces publics cibles sont différents d'une étude à l'autre, la structure des présentations retenues par les scénaristes est également très variable.

Il y a ainsi une grande différence entre la structure les documents présentant les résultats des scénarios SSP analysés par le GIEC et destinés à ce jour à un public académique, et celle du document présentant les résultats du *World Energy Outlook*, publiés par l'AIE, destiné quant à lui à un public d'experts du secteur de l'énergie.

D'une manière générale, la présentation des scénarios est rarement « linéaire » (*i.e.* décomposée selon la structure d'un scénario : narratif, hypothèses, modèle, résultats), ce qui entraîne la dispersion dans tout le document de présentation des données et informations. Si cette situation résulte de choix éditoriaux légitimes, force est de constater

que cela ne facilite pas l'usage des scénarios par des acteurs tels que des entreprises.

On notera par exemple un manque de clarté en ce qui concerne le périmètre couvert par les émissions de CO₂ publiées dans certains scénarios, notamment le *World Energy Outlook*. Ainsi, il n'est pas toujours simple de distinguer si les auteurs considèrent les émissions de CO₂ issues de la combustion d'hydrocarbures, des procédés industriels ou de l'usage des sols.

Enfin, les données quantitatives publiées ne sont pas toujours accessibles dans un format simple d'utilisation (sous forme de tableur *Microsoft Excel* par exemple). Dans plusieurs cas (scénarios IRENA, scénarios Greenpeace, scénarios WEC par exemple), ces données ne sont disponibles qu'au format *Adobe pdf*. Les données représentées graphiquement ne sont également pas toujours accessibles.

Deuxième constat : la disponibilité de certaines données intéressant les entreprises (notamment les volumes de production de biens et services) est limitée, et leur résolution sectorielle et géographique est hétérogène.

Théoriquement, le scénariste devrait pouvoir fournir autant de données que le modèle qu'il utilise est capable d'en produire. Parmi toutes les données dont l'entreprise pourrait avoir besoin il faut distinguer :

1. les données que le scénariste pourrait publier et ne publie pas ;
2. les données que le scénariste ne publie pas et ne souhaite pas publier (secret du modèle) ;
3. les données que le scénariste ne publie parce que le modèle qu'il utilise ne les produit pas.

Si les deux dernières catégories dépendent grandement du modèle utilisé, des marges de progression existent sur la disponibilité des données de la première catégorie. Cette situation est une nouvelle fois liée à l'objectif et l'audience actuelle des scénarios énergie-climat.

D'une manière générale, les données décrivant la demande (en volume) des principaux matériaux (production d'acier, de ciment, de produits chimiques, de minerais ou de matériaux) ou des principaux biens et services utilisateur d'énergie finale (voitures, surface de logement, etc.), ou encore décrivant l'évolution des flux de transports (de passagers, de fret, trafic aérien, etc.) par mode, sont rarement disponibles ou facilement accessibles dans les scénarios étudiés.

Pourtant, la disponibilité de telles données est

incontournable pour faciliter l'usage des scénarios énergie-climat publics pour de nombreuses entreprises (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68). Les scénarios *ETP* publiés par l'*AIE* sont à ce jour les scénarios les plus utilisés par les acteurs économiques. Ce sont également ceux qui offrent le niveau de détail le plus important sur les données mentionnées précédemment.

Les scénaristes indiquent être prêts à engager des discussions approfondies avec les entreprises et les secteurs d'activité pour mieux comprendre la nature des données dont ils pourraient avoir besoin afin d'utiliser leurs scénarios.

Enfin, la résolution géographique et sectorielle des données accessibles est très hétérogène parmi les scénarios étudiés. Cette situation est liée d'une part au fait que les concepteurs de scénarios ne publient pas l'exhaustivité des données pour diverses raisons (choix éditoriaux, objet du scénario, etc.) et d'autre part aux limites même des modèles sur lesquels reposent les scénarios. Dans l'ensemble, les modèles utilisés permettent une désagrégation selon plus de 10 zones géographiques (parfois plus) et les principaux secteurs et sous-secteurs consommateurs d'énergie (transports, production d'électricité et industrie). Toutefois les « autres » secteurs de l'économie sont beaucoup plus agrégés ou ne sont pas modélisés. Cela s'explique notamment par l'origine de ces modèles, initialement conçus pour l'analyse des enjeux énergétiques¹⁰⁰.

b — La qualité des narratifs est très hétérogène

Premier constat : seuls certains des scénarios étudiés reposent sur un narratif explicite et détaillé.

Parmi les scénarios étudiés, seuls les scénarios *SSP*, les scénarios du *SR-15* les scénarios du *WEC*, les scénarios de *Shell* et les scénarios d'*Equinor* reposent sur des **narratifs explicites et détaillés**. Pour ces scénarios, les hypothèses d'entrée sont mises en cohérence avec ces narratifs.

Par exemple, les trois scénarios du *WEC* décrivent trois futurs différents : un avenir dans lequel les enjeux énergie-climat sont gérés avec un relatif succès principalement par des mécanismes de marchés (*Modern Jazz*), un avenir dans lequel ces enjeux sont gérés avec un succès plus marqué principalement par des mécanismes de politiques

publiques (*Unfinished Symphony*), et un avenir dans lequel les enjeux énergie-climat ne sont pas gérés avec succès et qui décrit un monde fracturé (*Hard Rock*).

Ces narratifs sont chacun détaillés selon les principaux déterminants sociaux, politiques, économiques, techniques et environnementaux évoqués dans la partie 6.A « *Principaux déterminants d'environnement à considérer dans le narratif d'un scénario énergie-climat* ».

Les autres scénarios étudiés **reposent sur des éléments de narratif très limités et peu explicites**.

Deuxième constat : pour les scénarios qui ne reposent pas sur un narratif explicite et détaillé, une trajectoire socioéconomique neutre et sans rupture est sous-entendue.

L'absence de narratif implique que le choix des hypothèses les plus structurantes (PIB, population, progrès technique) ne s'inscrit dans aucun cadre de cohérence global.

Les narratifs suggérés par ces scénarios décrivent un futur dans lequel les principaux paradigmes ne sont pas remis en cause (croissance économique, démographique, équilibres politiques et géopolitiques, comportements) et, dans le cas où les objectifs climatiques sont atteints, un monde relativement coopératif et très mobilisé pour limiter les émissions de GES, essentiellement via des mesures d'efficacité énergétique permises par le progrès technique.

Les changements de comportements ou d'autres renversements de tendances de nature non-énergétiques ne sont pas envisagés.

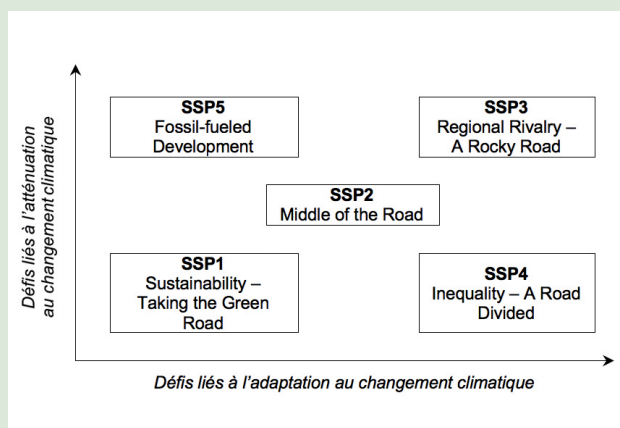
Troisième constat : à l'exception des scénarios *SSP*, les trajectoires socio-économiques permettant d'atteindre des objectifs climatiques ambitieux sont relativement homogènes et sans notion de rupture.

Pour la plupart des scénarios, la réduction rapide des émissions de CO₂ n'intervient (explicitement ou implicitement) que dans le cadre d'un futur caractérisé par une coopération internationale forte et concentrée sur les enjeux énergie-climat, un progrès technique significatif et largement diffusé grâce à une mondialisation achevée et une réduction progressive des inégalités entre les pays du monde.

Les scénarios *SSP* et les scénarios du *SR-1.5* reposent sur des narratifs plus contrastés qui combinent plusieurs tendances (voir Encadré 15 : Présentation des Shared Socio-economic Pathways (SSPs), p.70).

¹⁰⁰ - Voir « Note d'analyse sur les enjeux de modélisation », *The Shift Project* (2019)

Encadré 19 : Narratifs des scénarios SSP



SSP1 : solution soutenable

Le monde s'oriente progressivement, mais de façon généralisée, vers une voie plus durable, mettant l'accent sur un développement plus inclusif qui respecte les limites « physiques » du monde. La gestion des biens communs mondiaux s'améliore lentement, les investissements dans l'éducation et la santé accélèrent la transition démographique, et l'accent est davantage porté sur le bien-être humain que sur la croissance économique. Sous l'impulsion d'un engagement croissant en faveur de l'atteinte des objectifs de développement durable (ODD), les inégalités sont réduites à la fois entre les pays et dans les pays. La consommation est orientée vers des biens et services dont l'intensité énergétique et en matériaux est faible.

SSP2 : cas intermédiaire

Le monde suit une voie dans laquelle les tendances sociales, économiques et techniques ne s'écartent pas sensiblement des tendances historiques. Le développement et la croissance des revenus est inégale, certains pays enregistrant des progrès en matière de développement relativement significatifs tandis que d'autres demeurent exposés à des difficultés. Les institutions mondiales et nationales s'efforcent d'atteindre les objectifs de développement durable mais progressent lentement. Les systèmes environnementaux se dégradent, malgré certaines améliorations. Dans l'ensemble, l'intensité en ressources et en énergie de l'économie diminue. La croissance démographique mondiale est modérée et se stabilise dans la seconde moitié du siècle. Les inégalités

de revenu persistent ou ne s'améliorent que lentement et il reste difficile de réduire la vulnérabilité aux changements sociaux et environnementaux.

SSP3 : cas défavorable

La résurgence des nationalismes, certaines préoccupations en matière de compétitivité et de sécurité ainsi que des conflits régionaux poussent les pays à se concentrer davantage sur leurs problèmes internes. Les politiques mises en œuvre sont de plus en plus orientées vers les enjeux de sécurité nationale et régionale. Les pays se concentrent sur leur indépendance énergétique et alimentaire aux dépens d'un développement plus large. Les investissements dans l'éducation et le développement technologique diminuent. Le développement économique est lent, la consommation de matériaux intensive et les inégalités persistent ou s'aggravent avec le temps. La croissance démographique est faible dans les pays industrialisés et élevée dans les pays en développement. La faible mobilisation internationale face aux enjeux environnementaux entraîne une forte dégradation de l'environnement dans certaines régions.

SSP4 : un monde inégal

Des investissements très inégaux dans le capital humain, associés à des disparités croissantes en matière de croissance économique et de gouvernance politique, entraînent des inégalités et une stratification croissante, entre et dans les pays. Au fil du temps, le fossé se creuse entre un ensemble de pays connectés « inclus » qui contribuent aux secteurs de l'économie intensive en capitaux (haute technologie) et en connaissances, et un ensemble fragmenté de pays à faibles revenus et à main-d'œuvre peu éduquée qui participent à une économie à forte intensité en main-d'œuvre mais à faible intensité technologique. La cohésion sociale se dégrade et les conflits ainsi que les protestations sociales deviennent de plus en plus courants. Le développement technologique est élevé mais non-homogène parmi les pays. Le secteur énergétique mondialement connecté se diversifie, avec des investissements dans des combustibles à forte intensité carbone comme le charbon et le pétrole non conventionnel, mais également dans des sources d'énergie bas-carbone. Les politiques environnementales se concentrent sur les problèmes locaux, notamment dans les zones à revenus moyens et élevés.

SSP5 : cas « technophile »

Les marchés concurrentiels, l'innovation et les progrès techniques ainsi qu'une gouvernance « participative » sont perçus comme les moyens les plus efficaces pour atteindre les objectifs de développement durable. Les marchés mondiaux sont de plus en plus intégrés. Des investissements importants dans la santé, l'éducation et les institutions sont également nécessaires pour renforcer le capital humain et social. Parallèlement, le développement économique et social va de pair avec l'exploitation de

ressources fossiles abondantes et l'adoption de modes de vie à forte intensité en matériaux et en énergie dans le monde entier. Tous ces facteurs entraînent une croissance rapide de l'économie mondiale, alors que la population atteint un sommet puis diminue dans la 2^{ème} moitié du siècle. Les problèmes environnementaux locaux, tels que la pollution atmosphérique sont gérés avec succès. Il existe une confiance dans la capacité de gérer efficacement les systèmes sociaux et écologiques, y compris par la géo-ingénierie (CCS).

c — Les hypothèses d'entrée et les résultats sont relativement peu diversifiés

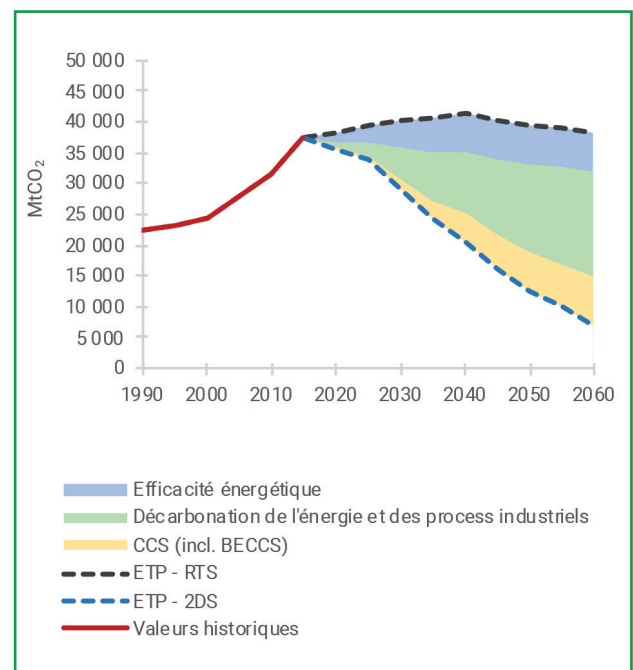
Premier constat : Dans la plupart des familles de scénarios, certaines des hypothèses les plus structurantes sont partagées.

La plupart des familles de scénarios comprennent un scénario de référence (dans lequel soit les tendances actuelles sont globalement prolongées, ou soit seules les NDCs sont mises en œuvre), et plusieurs scénarios alternatifs qui décrivent une transition bas-carbone. Ces familles sont le plus souvent composées de trois scénarios : un scénario de référence, un scénario de transition intermédiaire (généralement 2°C) et un scénario de transition avancée (<2°C).

Pour ces familles, certaines des hypothèses d'entrée sont partagées (*i.e.* identiques) par tous les scénarios qui les composent. Cette situation est liée à la raison pour laquelle les scénarios ont été réalisés : permettre la comparaison, toute chose égale par ailleurs, de l'impact des politiques climatiques. Les scénaristes indiquent qu'en faisant varier des paramètres aussi structurants que la croissance du PIB ou la population (voir partie 8.B.1.d Modèles, p. 63) d'un scénario d'une famille à l'autre, la quantification de l'impact d'une mesure (d'efficacité énergétique par exemple) n'est plus significative.

Cependant, certaines familles de scénarios, telles que celles réalisées par *Shell*, *Equinor* ou par le *World Energy Council*, ont une structure différente. Si elles peuvent comprendre un scénario de référence, certaines hypothèses d'entrée varient d'un scénario à l'autre, limitant partiellement l'intérêt d'une comparaison entre eux. Cette situation traduit le caractère plus exploratoire de la démarche de ces acteurs.

Figure 23 : Émissions de CO₂ projetées dans le scénario 2DS et le scénario de référence (RTS) de l'ETP 2017.



Ces deux scénarios appartiennent à la même famille et partagent les mêmes hypothèses de croissance de la population et du PIB, ce qui permet la comparaison de l'impact des mesures prises dans le scénario 2DS mais pas dans le RTS sur les émissions de CO₂.

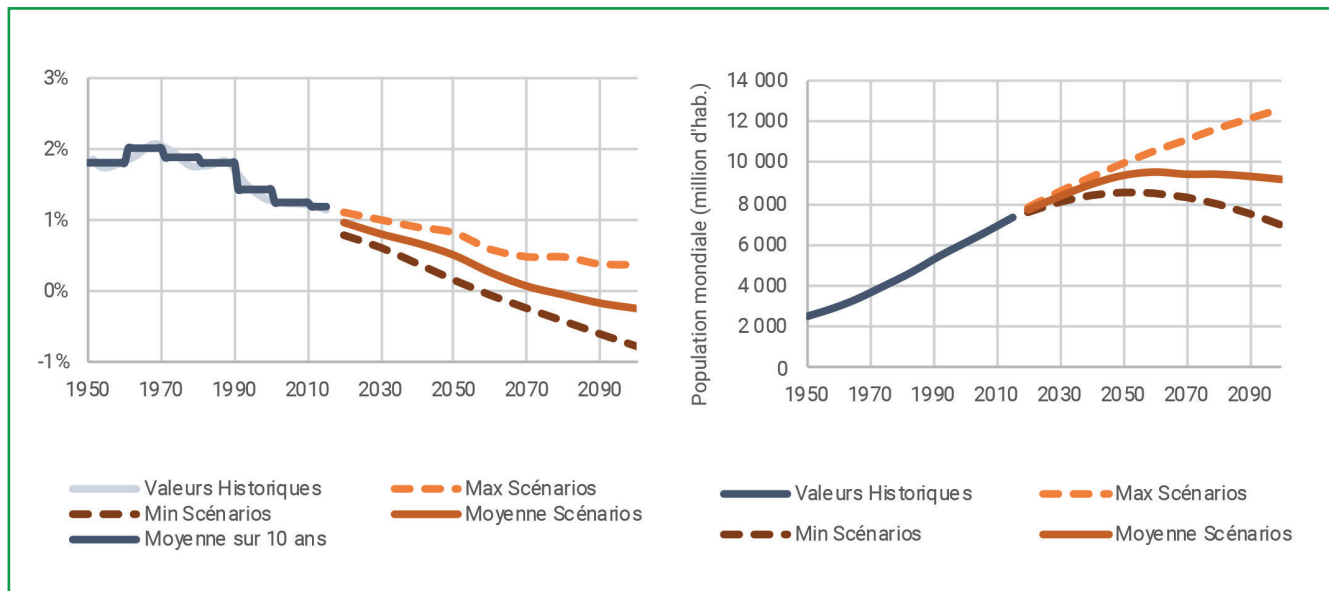
Source : ETP 2017 et calcul de l'auteur

Deuxième constat : pour l'ensemble des scénarios, la population est une variable exogène, dont l'évolution future est relativement homogène et croissante.

La taille de la population est une variable très structurante pour déterminer la demande en biens et services, et, dès lors, en énergie¹⁰¹.

101 - Voir « Note d'analyse sur les enjeux de modélisation », *The Shift Project* (2019)

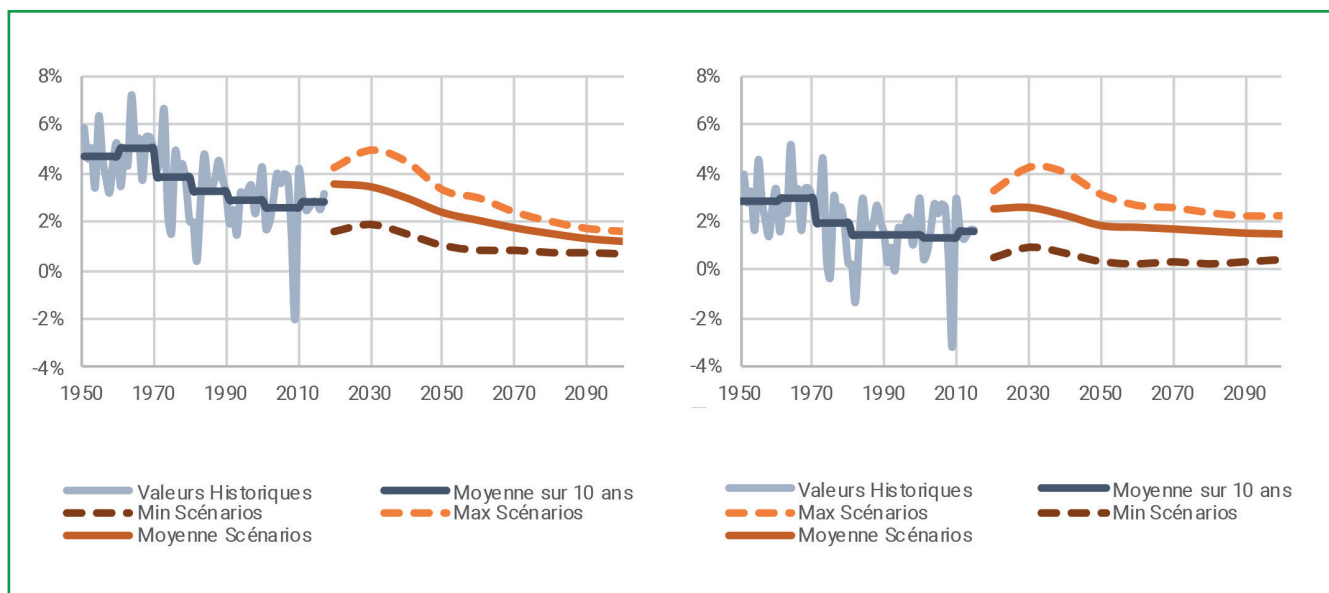
Figure 24 : Variation annuelle (à gauche) et évolution de la population mondiale (à droite) dans les scénarios étudiés



L'évolution de la population est très homogène parmi l'échantillon de scénarios étudiés, au moins jusqu'en 2050. Les divergences observées au-delà sont liées au scénario SSP dont les hypothèses sur la croissance de la population sont très contrastées.

Source : calcul de l'auteur et documentation des producteurs de scénarios ; valeurs historiques, ONU

Figure 25 : Variation annuelle du PIB (à gauche) et du PIB par habitant (à droite) dans les scénarios étudiés.



Dans les deux graphiques, les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios étudiés par année, les courbes « Min Scénario » représentent les valeurs minimales, et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. Par exemple, en 2030, dans l'échantillon de scénarios considéré, la valeur minimale de variation annuelle du PIB est de 2 %, la valeur maximale est de 5 %, et la moyenne de l'échantillon est de 3,5 %. NB : Pour les valeurs historiques le PIB est exprimé en MER.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur

Pour l'ensemble des scénarios étudiés, **cette variable est exogène**. Les valeurs retenues par les concepteurs de scénarios sont par ailleurs **très homogènes**. La population mondiale poursuit sa croissance à un rythme annuel compris entre 0,5 % et 1 %, inférieur aux tendances historiques, pour atteindre de 9 à 9,5 milliards d'habitants en 2050 dans la plupart des scénarios.

Ces hypothèses proviennent très souvent de projections réalisées par le bureau « population » du département des affaires économiques et sociales de l'ONU (UN DESA), notamment la variante moyenne du *World population prospects*¹⁰² (*WPP*). Les écarts de valeur sont généralement liés à l'année d'édition du *WPP* mis à jour régulièrement.

Les projections de l'ONU ne prennent pas en compte les impacts physiques du changement climatique¹⁰³.

Les scénarios SSP se distinguent cependant de cet ensemble et proposent des projections de population diversifiées traduisant chacune les narratifs sur lesquels reposent ces scénarios.

Troisième constat : pour la plupart des scénarios, le PIB (et in fine le PIB par habitant) est une variable exogène dont l'évolution future, relativement homogène et croissante, n'est pas affectée par les enjeux énergie-climat.

Comme la population, le PIB est une variable très structurante pour déterminer la demande en biens et services, et, dès lors, en énergie¹⁰⁴. Pour l'ensemble des scénarios étudiés, cette variable est exogène.

À quelques exceptions près (voir ci-dessous), les valeurs retenues par les concepteurs des scénarios étudiés pour la période 2015-2050, **sont relativement homogènes, stables, et prolongent les tendances d'évolution récentes**. En moyenne, le PIB poursuit sa croissance à un rythme annuel supérieur à 3 %¹⁰⁵ sur cette période. (i.e. le PIB est multiplié par 2 en 25 ans). Pour les scénarios qui se projettent au-

delà de 2050, l'évolution de ce taux converge vers des valeurs de croissance plus faibles, comprises entre 0,5 % et 1,5 %/an en 2100.

Ces hypothèses s'appuient souvent sur les projections (*baseline*) réalisées par des organisations internationales telles que l'*OCDE*¹⁰⁶, le *FMI*¹⁰⁷ ou la *Banque mondiale*¹⁰⁸, projections qui, au-delà des limites des modèles sur lesquelles elles reposent, n'intègrent pas dans la plupart des cas les enjeux énergie-climat (d'atténuation ou d'adaptation).

Pour certains cas cependant, les projections de PIB divergent des prolongements de tendances. C'est notamment le cas pour les scénarios reposant sur des narratifs détaillés, et décrivant un futur dans lequel l'activité économique est perturbée par des éléments politiques et sociaux (scénarios *Equinor*, scénarios du *WEC*, *SSP*¹⁰⁹). L'évolution du PIB (à la hausse ou à la baisse) traduit alors le narratif.

Pour la plupart des familles de scénarios, les hypothèses de PIB sont partagées. Pour certaines familles en revanche (scénarios *Equinor*, scénarios du *WEC*, *SSP*, scénarios *Shell*), les hypothèses d'évolution du PIB sont différentes d'un scénario à l'autre.

Quatrième constat : pour l'ensemble des scénarios visant à atteindre un objectif climatique, l'intensité énergétique du PIB s'améliore rapidement et très significativement. Peu d'explications sont généralement fournies pour étayer une telle amélioration.

La production d'énergie primaire est une **variable endogène**, et fait partie des résultats des scénarios. On observe, pour l'évolution future de cette variable, des disparités selon l'objectif de réchauffement des températures que se fixent les scénarios.

102 - Voir site web du *World population prospects*.

103 - Aucune mention des mots « climat » ou « climate change » dans la publication principale ou dans les documents méthodologiques.

104 - Voir « Note d'analyse sur les enjeux de modélisation », *The Shift Project* (2019)

105 - Dans certains scénarios les valeurs de PIB disponibles sont exprimées en « Parité de Pouvoir d'Achat » (c'est le cas des scénarios du *WEO* 2018, de l'*ETP* 2017 et des *SSPs* notamment), alors que pour d'autres, ces valeurs le sont en « Taux de change simples » (*MER*). Exprimer le PIB en parité de pouvoir d'achat, i.e. représenter le pouvoir d'achat d'une monnaie, conduit à des valeurs de PIB (et de ses variations) supérieures à celles d'un PIB exprimé en taux de change simple (notamment en raison du développement des pays émergents). Les chiffres indiqués sont des moyennes de croissance de PIB pour l'ensemble des scénarios étudiés, certaines étant exprimées en *PPA* ou en *MER*. Cela n'a que peu d'impact sur l'argument principal de cette partie qui consiste à souligner que globalement, le PIB projeté par les scénarios demeure assez soutenu et homogène entre eux.

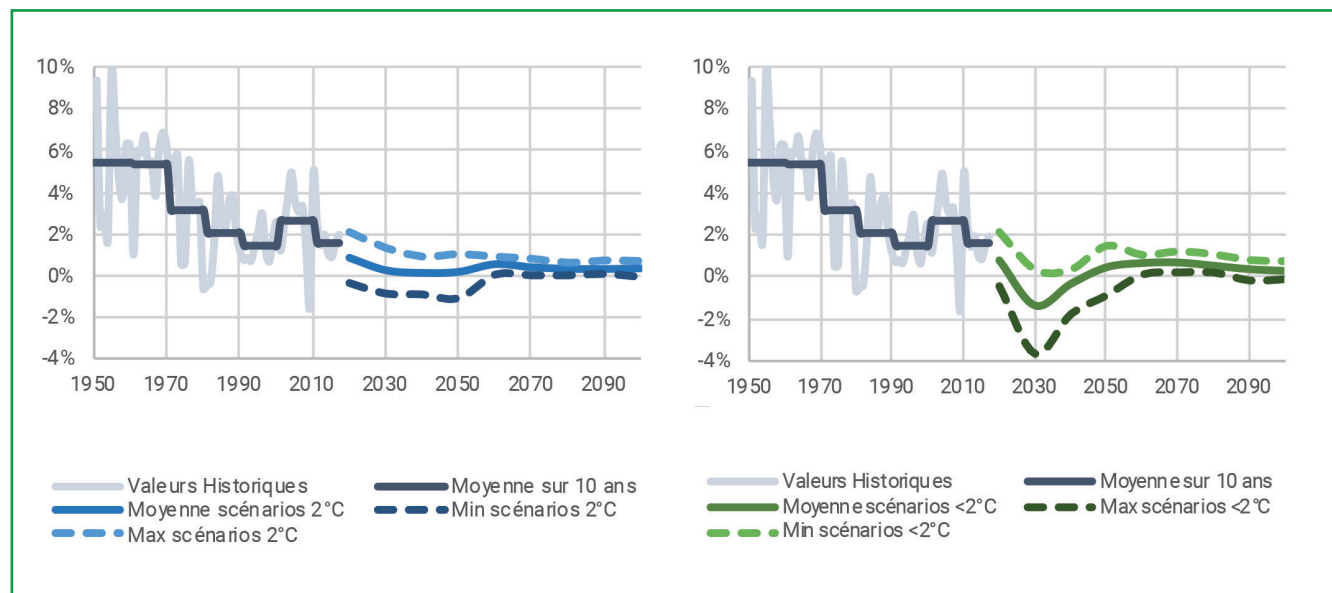
106 - Voir *OECD Economic Outlook: Statistics and Projections* (estimations jusqu'en 2060). Voir dans « *The long view: scenarios for the world economy to 2060* », *OCDE* (2018) : « Perhaps the most important omission is that of the natural environment, including natural resources, air and water quality, the climate, sea levels and so on. Continued warming of the earth's climate, to take one example, could have profound economic effects that vary by region. ».

107 - Voir « *World Economic Outlook* » *IMF* (2019) *Estimations jusqu'en 2024*. Pas de mention des risques associés au changement climatique dans les hypothèses (voir box A1 : *Economic Policy Assumptions Underlying the Projections for Selected Economies*)

108 - Voir *Global economic prospects Estimation Estimations jusqu'en 2021*. Si le changement climatique est mentionné comme un facteur de risque pour la croissance économique (16 occurrences des termes « climate change » pour 182 pages), son impact apparaît marginal à l'horizon considéré.

109 - En ce qui concerne les scénarios *SSPs*, chacun dispose d'une projection de PIB exogène spécifique à son narratif. Ces projections sont réalisées à partir du modèle de l'*OCDE* « *ENV-Growth model* ». Voir « *Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways* », *Dellink et al.* (2015).

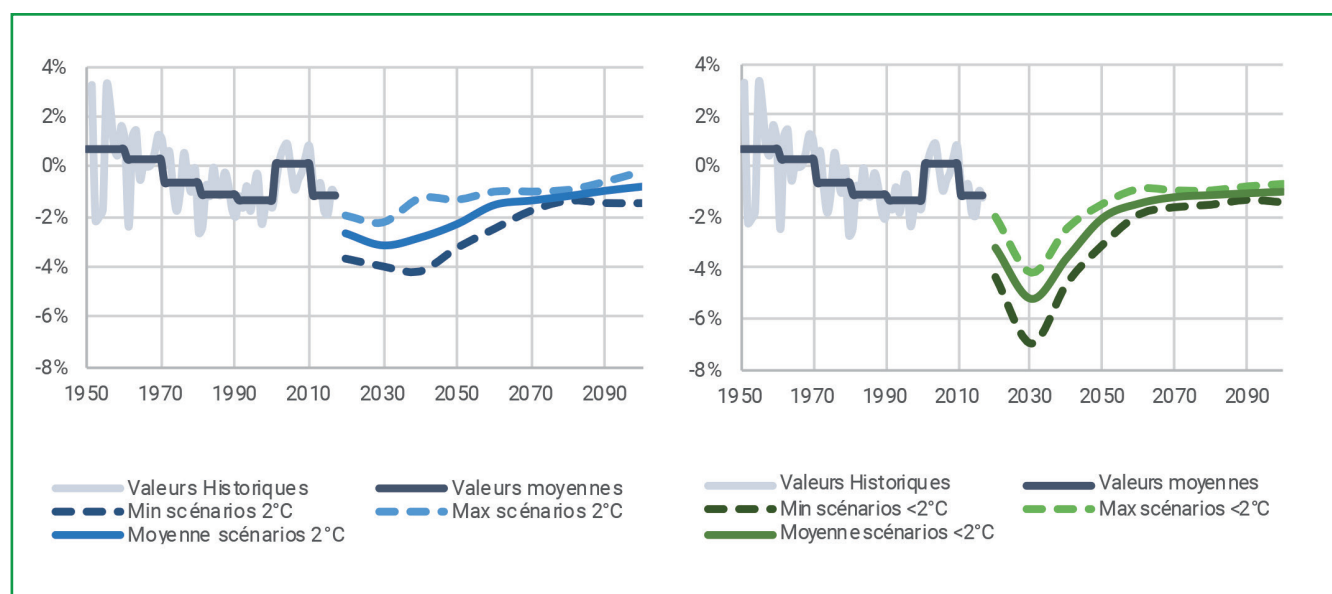
Figure 26 : Variation annuelle de la production d'énergie primaire projetée par les scénarios 2°C (à gauche) et les scénarios 1.5°C (à droite).



Dans les deux graphiques, les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios considéré par année, les courbes « Min Scénarios » représentent les valeurs minimales et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. On constate, pour les scénarios 2°C, que la production future d'énergie primaire est en moyenne relativement stable à partir de 2020. Dans les scénarios <2°C, cette production est, en moyenne, envisagée décroissante entre 2020 et 2040.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

Figure 27 : Variation annuelle de l'intensité énergétique (primaire) du PIB projetée par les scénarios 2°C (à gauche) et les scénarios 1.5°C (à droite).



Dans les deux graphiques les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios considéré par année, les courbes « Min Scénarios » représentent les valeurs minimales et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. On constate, pour les scénarios 2°C, que la réduction de l'intensité énergétique du PIB est très en-deçà des valeurs historiques, notamment pour la période 2020-2050. La situation est encore plus marquée pour les scénarios <2°C dans lesquels on observe un pic de réduction vers 2030.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

Les scénarios 2°C projettent dans l'ensemble une baisse rapide, homogène et significative de la croissance de la production d'énergie primaire. En moyenne, cette production ne croît plus que de **0,8 %/an d'ici 2020 et de 0,5 %/an au-delà**.

Le phénomène est encore plus marqué pour les scénarios 1,5°C pour lesquelles la production d'énergie primaire décroît, entre 2020 et 2040, en moyenne de 0,5 % à 1,5 % par an.

Ces résultats, couplés avec **une croissance de l'activité économique** (donc une demande en biens et services et un parc de machines en activité croissante) se traduisent par **une réduction très significative et jamais observée dans l'histoire de l'intensité énergétique du PIB**.

Les scénarios 2°C projettent ainsi en moyenne une baisse de l'intensité énergétique du PIB de l'ordre de **- 2,5 %/an à - 3 %/an entre 2020 et 2050**, soit près du double des valeurs historiques¹¹⁰. Les scénarios 1,5°C quant à eux projettent une baisse de l'intensité énergétique du PIB qui atteint en moyenne -5 %/an entre 2020 et 2030.

Une telle réduction de l'intensité énergétique du PIB est en partie liée au caractère exogène du PIB, dont les valeurs futures, croissantes, ne prennent pas en compte les enjeux énergie-climat dans la plupart des scénarios étudiés.

De telles valeurs supposent également une amélioration tout aussi significative de l'efficacité énergétique et, dès lors, du progrès technique. La faisabilité technique, économique, politique ou sociétale d'une telle amélioration est rarement questionnée.

Enfin, pour la plupart des scénarios, l'effet rebond n'est que très marginalement pris en compte par les scénaristes, alors même que ce phénomène est souvent observé dans les cas où l'efficacité énergétique s'améliore (voir Encadré 10 : l'effet rebond, p.59).

Cinquième constat : l'intensité carbone de l'énergie est réduite dans la plupart des scénarios visant à atteindre un objectif climatique par la réduction de l'usage d'énergie fossile.

110 - Ces résultats n'indiquent qu'une tendance. Nous attirons à nouveau l'attention du lecteur sur la distinction de l'expression des valeurs de PIB en PPP ou en MER. Les valeurs historiques d'intensité énergétique évoquées (et présentées dans les graphiques ci-dessus) dérivent de valeurs de PIB exprimées en MER. Si les valeurs de PIB utilisées étaient exprimées en PPP, l'écart entre les valeurs historiques d'intensité énergétique du PIB et les valeurs futures serait probablement plus faible, sans toutefois remettre en cause l'observation évoquée, à savoir que l'intensité énergétique projetée par les scénarios demeure significativement supérieure aux valeurs historiques.

L'évolution du mix énergétique primaire, constitué aujourd'hui à plus de 80 % d'énergie fossile (voir section 3.A.1, p.17), est globalement caractérisée, parmi les scénarios visant à atteindre un objectif climatique, par une réduction plus ou moins rapide de la part des énergies fossiles, au profit des énergies bas-carbone (renouvelables et bioénergies, nucléaire), notamment grâce à une électrification des usages.

La part future de chaque source d'énergie dans le mix énergétique varie bien sûr d'un scénario à l'autre, tant ces aspects sont déterminés par les choix des scénaristes (contenu du narratif par exemple) et de l'objectif du scénario¹¹¹.

D'une manière générale, à l'exception du cas particulier de certains scénarios reposant sur un narratif spécifique (par exemple le scénario SSP5-2.6), la production de charbon et de pétrole est significativement et rapidement réduite (en moyenne parmi les scénarios 2°C sur la période 2015-2050, respectivement ~ -4 %/an à ~ -1 %/an).

On notera que pour **la plupart des scénarios, la baisse (plus ou moins rapide) de l'usage d'hydrocarbures n'affecte pas la croissance économique**, alors même que l'activité économique a été historiquement et demeure dimensionnée par l'usage de ces énergies (notamment le système de production et de distribution, voir partie 8.B.1.b p.57).

À l'exception de quelques-uns (scénarios *Greenpeace* et *IRENA*), la part de l'énergie nucléaire dans le mix de production d'énergie primaire est globalement croissante pour la plupart des scénarios 2°C et <2°C, mais à un rythme et dans des proportions variables.

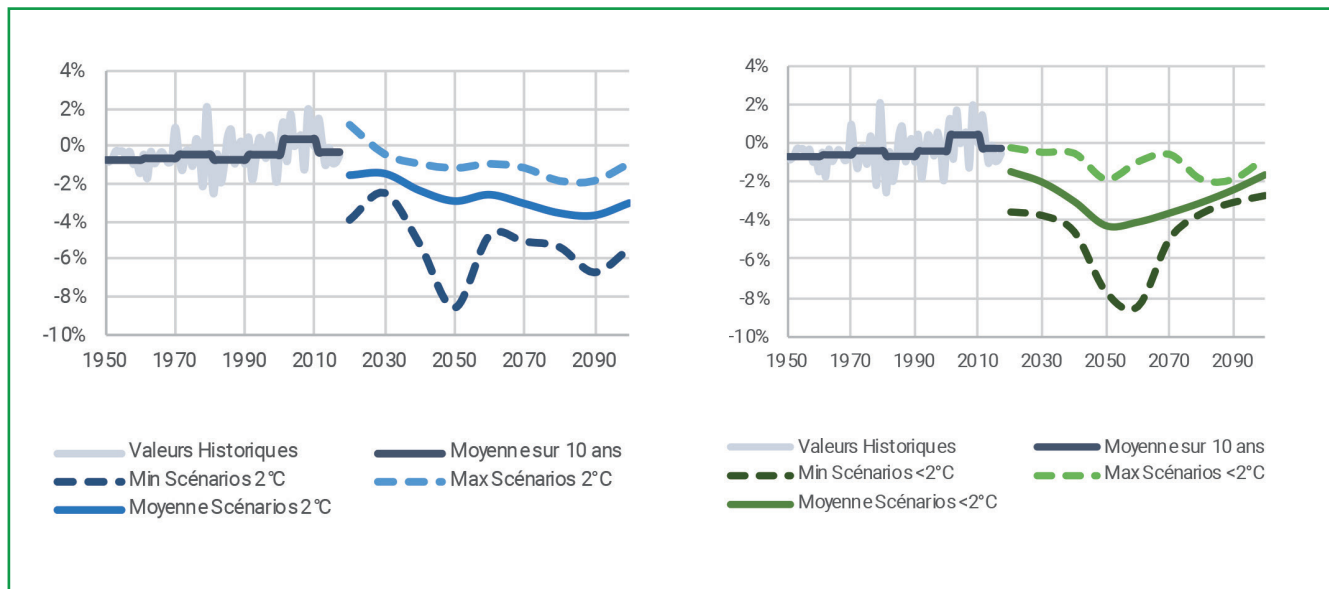
D'une manière générale, **l'intensité carbone de l'énergie, hors émissions de CO₂ captées et stockées (CCS)**, décroît significativement dans les scénarios 2°C à un rythme moyen de 2 % à 3 % par an entre 2020 et 2050. Cette réduction est davantage marquée pour les scénarios <2°C.

Sixième constat : Dans la plupart des scénarios visant un objectif climatique, la neutralité carbone est atteinte entre 2050 et 2100. Le captage et la séquestration artificiels de CO₂ (CCS) sont souvent mobilisés.

Sous l'effet combiné des variations des déterminants de

111 - Le scénario [R]évolution de *Greenpeace* a pour objectif de démontrer la possibilité de l'émergence d'un système énergétique quasiment exclusivement fondé sur les énergies renouvelables. Il projette une réduction très significative de la part des énergies fossiles et une sortie du nucléaire d'ici 2050.

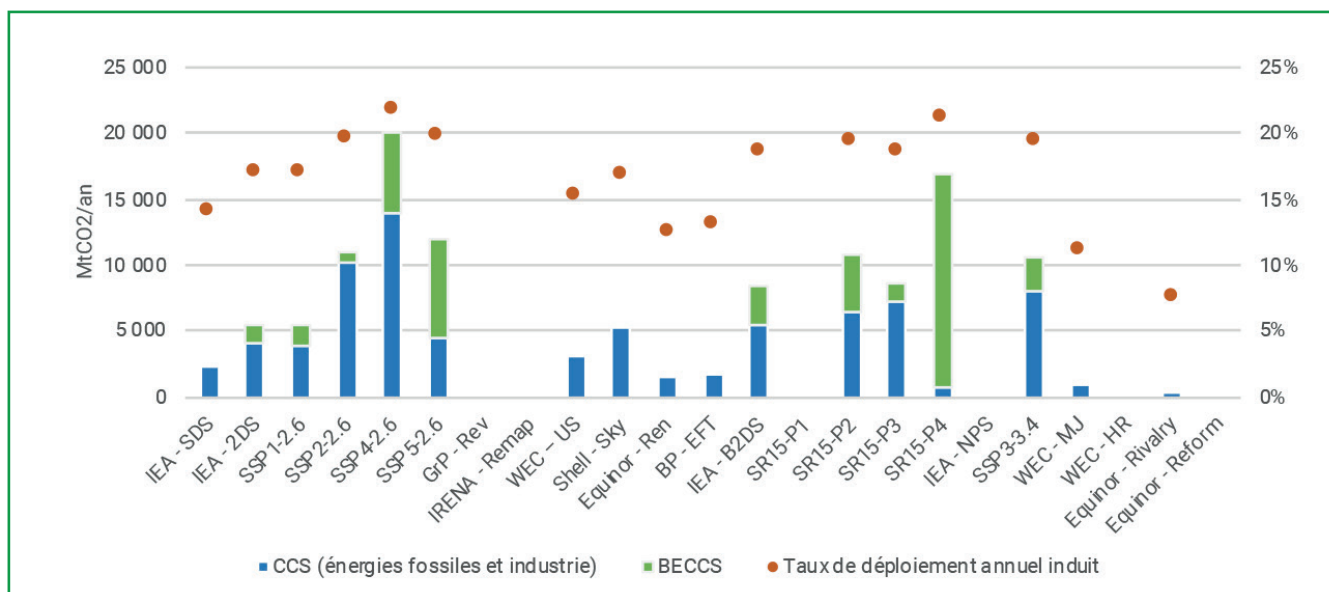
Figure 28 : Variation annuelle de l'intensité carbone de l'énergie primaire dans les scénarios 2°C (à gauche) et les scénarios <2°C (à droite) étudiés.



Dans les deux graphiques les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios considéré par année, les courbes « Min Scénarios » représentent les valeurs minimales et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. On observe sans surprise que la réduction de l'intensité carbone de l'énergie (hors CCS) est plus marquée dans les scénarios < 2°C. Le pic de réduction observé dans le graphique de gauche (scénarios 2°C) est lié au scénario [R]evolution de Greenpeace, qui projette une décarbonation du système énergétique quasiment complète en 2050, sans recours au CCS.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

Figure 29 : Volume de CO₂ capté et stocké en 2050 dans les scénarios étudiés et taux de développement annuel supposé de ces technologies d'ici 2050.



La plupart des scénarios 2°C et <2°C reposent sur des technologies de séquestration du CO₂ dans des proportions variables. Les points rouges indiquent sur l'axe de droite le taux de développement annuel supposé de ces technologies d'ici 2050, en considérant qu'en 2017, 30 MtCO₂ étaient séquestrées dans le monde. Pour les scénarios dont l'horizon temporel est 2040 (WEO, BP), les valeurs obtenues à cette date ont été considérées.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

l'équation de Kaya décrites ci-dessus, les émissions de CO₂ décroissent significativement. Entre 2017 et 2050, en moyenne, la réduction des émissions de CO₂ (hors CCS) est réalisée à un rythme de -2 %/an pour les scénarios 2°C et de 3,5 %/an pour les scénarios <2°C. À l'exception des quelques scénarios pour lesquels cette baisse des émissions est beaucoup plus marquée (SR15-P1 ou [R] evolution de Greepeace), l'ensemble des scénarios 2°C ou <2°C projettent le recours au captage et à la séquestration du carbone (CCS), dans des proportions variables.

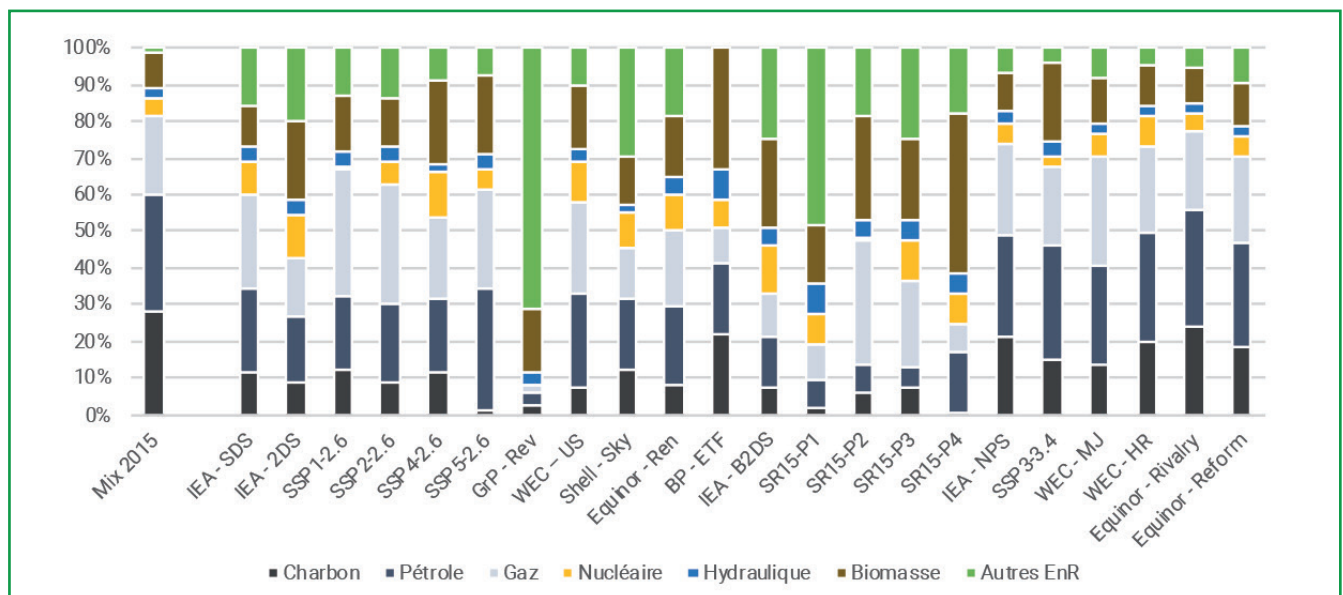
La rapidité et l'ampleur escomptées du déploiement des technologies de séquestration, y compris sur l'usage de bioénergie (BECCS¹¹²), doivent être mises en regard de

leur développement actuel : 30 MtCO₂ en 2017, pour un total d'émissions de CO₂ de 42 GtCO₂ cette année-là¹¹³ (voir partie 3.A.3, p.19). Des objections similaires peuvent être formulées concernant la vraisemblance du rythme de déploiements massifs des bioénergies.

L'ensemble des scénarios 2°C et <2°C projettent (ou s'inscrivent dans une tendance) l'atteinte de la neutralité carbone entre 2050 et 2100.

Le cumul estimé des émissions de CO₂ depuis 2016 est compris entre 650 GtCO₂ et 1200 GtCO₂ d'ici 2050 pour les scénarios 2°C, et entre 600 et 850 MtCO₂ pour les scénarios <2°C.

Figure 30 : Mix mondial de production d'énergie primaire en 2050 dans les scénarios étudiés.



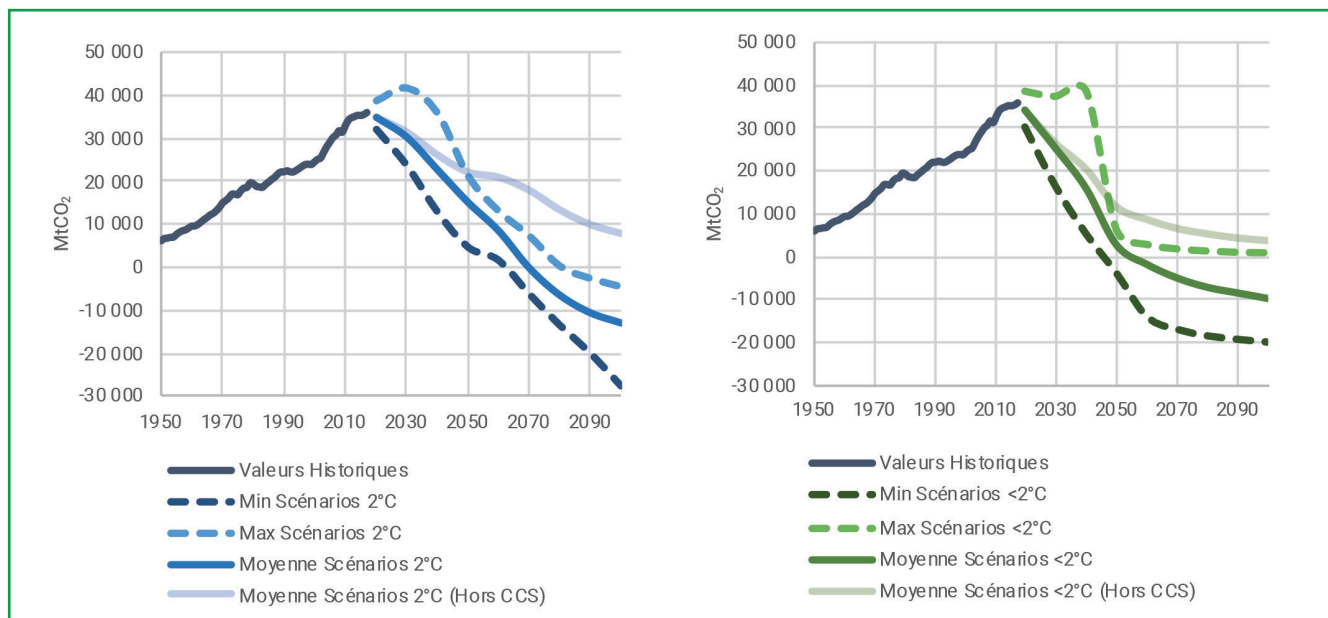
La catégorie « Autres EnR » inclut notamment les énergies solaire, éolienne et géothermique. La catégorie « Biomasse » inclut notamment l'usage du bois, le biogaz, les biocarburants et les déchets. On notera que les mix énergétiques des scénarios du WEO 2018 (SDS et NPS) ainsi que le scénario ETF du BP energy outlook 2018 sont les mix énergétiques en 2040, ces scénarios ne se projetant pas au-delà de 2040.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

112 - Les bioénergies couplées avec le captage et séquestration du carbone (BECCS), consistent à capter et séquestrer le CO₂ émis par l'usage de bioénergies telles que les biogaz ou les biocarburants. Voir « Box 2.1 - Bioenergy and BECCS Deployment in Integrated Assessment Modelling » dans le rapport spécial 1.5°C du GIEC pour davantage de détails.

113 - Voir IEA : <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-and-storage/>

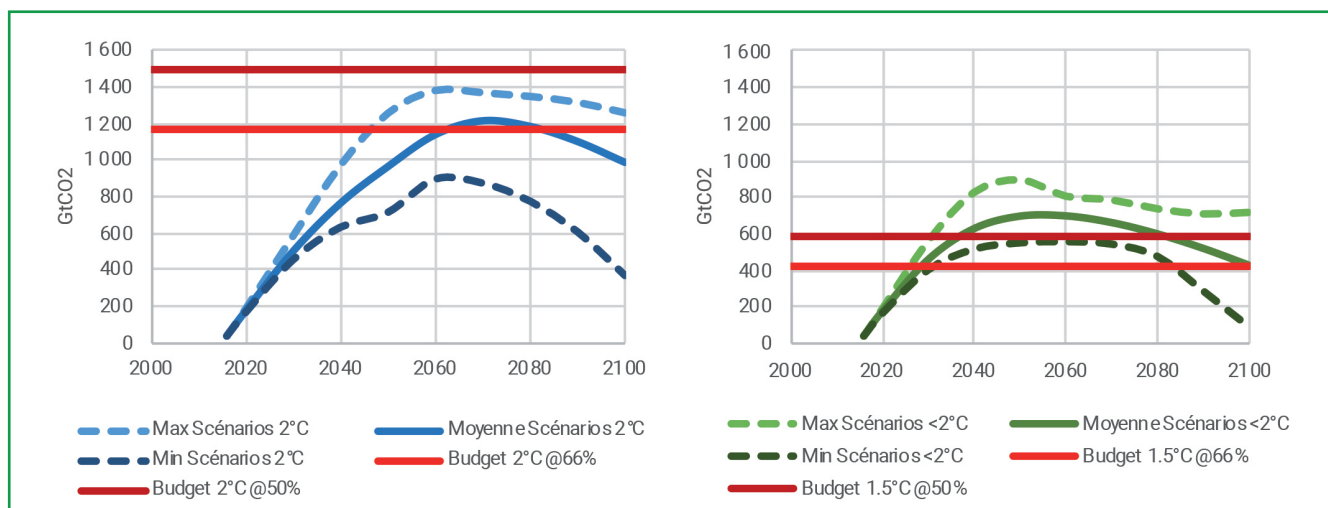
Figure 31 : Émissions de CO₂ (hors UTCF) dans les scénarios 2°C (à gauche) et les scénarios <2°C (à droite) étudiés.



Dans les deux graphiques, les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios considéré par année, les courbes « Min Scénarios » représentent les valeurs minimales et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. On peut observer sur les deux graphiques ci-dessus l'impact du déploiement de CCS sur la courbe d'émissions de CO₂.

Source : documentation des producteurs de scénarios et calculs de l'auteur.

Figure 32 : Cumul des émissions de CO₂ (énergétiques et industrielles) dans les scénarios 2°C (à gauche) et les scénarios <2°C (à droite) étudiés.



Dans les deux graphiques, les courbes « Max Scénarios » représentent les valeurs maximales de l'échantillon de scénarios considéré par année, les courbes « Min Scénarios » représentent les valeurs minimales et les courbes « Moyenne Scénarios » les valeurs moyennes. La barre en rouge clair indique le budget carbone pour lequel il y a 66% de chance de limiter le réchauffement à 2°C (à gauche) et à 1,5°C (à droite) et la barre en rouge foncé le budget carbone pour lequel les chances sont de 50% (voir partie 3.1.3, p.15). Le cumul des émissions décroît lorsque davantage de CO₂ est prélevé qu'il n'en est émis, notamment grâce au captage et à la séquestration artificielle (CCS). Les barres rouge clair indiquent le budget carbone permettant de limiter avec 66% de chance le réchauffement global à 1,5°C (à droite) et à 2°C (à gauche). Les barres en rouge foncé correspondent quant à elles à une probabilité de 50%. De nombreuses incertitude sur ces budgets demeurent.

Source : documentation des producteurs de scénarios, Rapport spécial 1,5°C du GIEC et calculs de l'auteur.

d — Les modèles comportent des limites

NB : Le développement qui suit est une synthèse de la note d'analyse des enjeux de modélisation réalisée par The Shift Project en collaboration avec l'IFPEN¹¹⁴.

Premier constat : la complexité des modèles et la transparence parfois limitée nuisent à la bonne interprétation des résultats.

Au fil de leur développement, les modèles utilisés pour construire les scénarios énergie-climat n'ont cessé de se complexifier pour tenter de représenter au mieux les interactions entre les systèmes économique, énergétique et climatique.

Cette complexité caractérise tout d'abord la structure des modèles (formulation et résolution des équations liant les variables entre elles). Cette structure repose sur un grand nombre d'équations relativement complexes, faisant intervenir un grand nombre de variables et paramètres. Ces équations demeurent difficiles à évaluer individuellement (certaines d'entre elles sont par exemple créées pour les besoins du modèle et sans fondement théorique ou empirique clair) ou même globalement. Cette complexité caractérise ensuite la très grande quantité de données manipulées et produites par le modèle grâce à l'amélioration de la puissance de calcul de ces outils.

D'une manière plus générale, des marges de progression concernant la transparence et la clarté de la structure des modèles existent. On peut ainsi regretter le manque de documentation claire, didactique et accessible permettant d'apprécier le fonctionnement et les performances des différents modèles.

Cet aspect est d'autant plus important que ces modèles semblent bénéficier d'une crédibilité « scientifique » auprès d'utilisateurs non-initiés, les incitant à appuyer leurs analyses sur leurs résultats, sans démarche critique préalable.

Deuxième constat : la modélisation du système économique comporte des limites intrinsèques.

L'absence de cadre d'évaluation de la structure des modèles offre au modélisateur une liberté relativement importante dans **le choix des paramètres et de la forme des équations utilisées** pour décrire les relations socioéconomiques. Certaines équations et paramètres sont ainsi déterminés

par l'analyse économétrique de données historiques et conduisent à surestimer à quel point l'avenir ressemblera au passé récent. D'autres sont déterminées arbitrairement et font l'objet d'incertitudes.

Certaines variables et paramètres socioéconomiques jouent **un rôle très important** dans les résultats des modèles. C'est le cas du **taux d'actualisation**, qui détermine la temporalité des investissements, et particulièrement ceux alloués à la transition énergétique dont les bénéficiaires sont attendus à long terme. C'est également le cas de la **croissance économique, de la population ou du taux d'urbanisation** qui contribuent fortement à déterminer une demande en énergie finale et en énergie primaire. Enfin, les prix des énergies (notamment fossiles) jouent un rôle important dans la plupart des modèles, mais leur détermination reflète rarement la réalité.

Par ailleurs, pour la plupart des modèles, l'exercice de modélisation repose sur l'atteinte d'un équilibre macro-économique (général ou partiel) ce qui conduit à optimiser l'emploi des ressources (capital, production, revenus). Les agents (individus, États, entreprises, etc.) sont considérés comme étant rationnels (ils agissent chacun indépendamment, à partir d'une information complète, pour maximiser leur bien-être (consommateurs) ou leurs profits (producteurs)) et les biens et services qu'ils consomment sont considérés comme commensurables. En conséquence, **il n'existe pas dans ces modèles de capacité inutilisée ou de gaspillage de ressources**. Ceci entraîne inévitablement **des écarts potentiellement significatifs avec la réalité, dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats**.

Enfin, le système financier n'est représenté dans aucun modèle. Si cette modélisation revêt une complexité importante, l'absence d'intégration du système financier entraîne plusieurs conséquences, parmi lesquelles la non-prise en compte de l'instabilité des marchés et son impact sur l'économie (cf. crise financière de 2008), la formation du prix de certaines commodités (cf. marchés des Futures pour le pétrole) ou de l'instabilité que pourrait créer le changement climatique, notamment par la dépréciation d'actifs liés aux énergies fossiles (Stranded Assets).

Troisième constat : les impacts du changement climatique sur le système socio-économique ne sont pas modélisés.

À ce jour, très peu de modèles prennent en compte les conséquences physiques du changement climatique sur le système économique. Cela signifie que pour la plupart des modèles, notamment ceux sur lesquels les scénarios

¹¹⁴ - Voir « Note d'analyse sur les enjeux de modélisation », The Shift Project (2019)

étudiés s'appuient, les projections socio-économiques et énergétiques réalisées comportent des limites, et particulièrement dans les cas où les émissions de GES ne seraient pas réduites. Cela conduit également à discriminer les investissements visant à atténuer les effets du changement climatique dans le processus de modélisation.

Lorsque ces impacts sont pris en compte, une (ou plusieurs) fonction dite de « dommage » (qui permet de lier par exemple élévation des températures et pertes économiques) est généralement utilisée. Ces fonctions de dommage sont cependant difficiles à utiliser et sujettes à une incertitude très élevée. D'une part, les connaissances théoriques sur leur formulation sont aujourd'hui limitées, et d'autre part, l'absence de données historiques complexifie leur calibrage. À ce stade, lorsque des fonctions de dommage sont utilisées dans un IAM, ces fonctions et leurs paramètres sont définis relativement arbitrairement par le modélisateur.

Quatrième constat : la maîtrise de l'effet rebond n'est que marginalement ou pas prise en compte dans la plupart des modèles.

Ce phénomène complexe, qui efface en partie au moins les gains liés à l'amélioration de l'efficacité énergétique (voir Encadré 10 : l'effet rebond, p. 59), demeure très marginalement modélisé, particulièrement dans sa forme indirecte. Cette situation est dans la plupart des cas liée à la structure même des modèles.

Lorsqu'il est pris en compte, ce phénomène est généralement maîtrisé sous la forme d'une taxe carbone additionnelle qui vise à relever le prix des carburants (notamment lorsque celui-ci baisse avec la demande).

Le fait que l'effet rebond ne soit pas modélisé par les modèles conduit ceux-ci à surestimer les économies d'énergie, et dès lors à sous-estimer la demande en énergie.

De ce qui précède, il est possible de tirer deux conclusions :

1. par construction, les modèles peuvent difficilement représenter le désordre qui pourrait caractériser la gestion des enjeux énergie-climat (pas de rétroaction climatique, système à l'équilibre, etc.).

2. les résultats produits par les modèles, nécessairement approximatifs, devraient être interprétés en fonction de la nature du modèle (le besoin pour lequel il a été créé, les paradigmes de modélisation et de résolution sur lesquels il repose). Davantage de transparence et de pédagogie de la part de la communauté de la modélisation pourrait favoriser une meilleure interprétation des résultats par les utilisateurs non-initiés.

e — L'impact du changement climatique et les « limites physiques » sont peu pris en compte

La plupart des scénarios étudiés décrivent des futurs qui ne sont pas marqués par le changement climatique.

Cela signifie entre autres que pour l'ensemble des scénarios étudiés, les conséquences « physiques » du changement climatique sur le système économique ne sont prises en compte, ni dans le narratif, ni dans les hypothèses d'entrée.

C'est d'abord le cas des scénarios de référence de chaque famille. Par construction, ceux-ci n'envisagent pas d'action spécifique pour réduire significativement les émissions de CO₂, qui atteignent dans le futur des niveaux très élevés et entraînent par conséquence un réchauffement global bien au-dessus de 2°C. Alors que les répercussions d'un tel réchauffement sur le système socio-économique pourraient être très importantes, celles-ci ne sont pourtant pas prises en compte dans les hypothèses d'entrée de ces scénarios.

Par exemple, les narratifs des scénarios SSP, communs aux scénarios de référence et aux scénarios de transition, décrivent plusieurs futurs dans lesquels les sociétés sont structurellement plus ou moins préparées à affronter les enjeux d'adaptation, mais n'évoquent pas les conséquences physiques du changement climatique (Riahi, 2016). Le scénario CPS, scénario de référence du *World Energy Outlook*, ne prend quant à lui pas en compte les enjeux d'adaptation ou leurs conséquences sur la stabilité du système économique alors même que la trajectoire d'émissions de CO₂ qu'il décrit pourrait conduire à un réchauffement bien supérieur à 3°C.

Une nouvelle fois, cette situation est liée aux raisons pour lesquelles ces scénarios sont construits.

Cette situation concerne également l'ensemble des scénarios 2°C, alors même que les changements climatiques seront sensibles à ce niveau d'élévation de la température.

La disponibilité des sources d'énergie et des matières premières nécessaires pour satisfaire la demande généralement croissante en biens et services et la transition énergétique n'est que rarement évoquée dans la plupart des scénarios étudiés.

La réduction des émissions de CO₂ envisagée dans tous les scénarios de transition passe par une réduction progressive de la part des hydrocarbures dans le mix d'énergie primaire. La disponibilité des réserves d'hydrocarbures dans le cadre d'une telle transition n'est pas questionnée par les scénaristes, si ce n'est, dans une certaine mesure, par l'AIE et par les groupes pétroliers. Supposer que cette transition sera mise en œuvre plus vite (« *peak demand* ») qu'un déclin (à terme inévitable) de la production mondiale d'hydrocarbures (« *peak oil* ») constitue une hypothèse plausible, mérite toutefois un examen attentif circonstancié¹¹⁵.

Certains scénarios (SSP5-2.6 et SR15-P4) projettent une production mondiale de pétrole significativement croissante jusqu'en 2040, avec un pic à plus de 150 millions de baril par jour (respectivement 165 Mbpj pour le SSP5-2.6 en 2040, et jusqu'à 150 Mbpj en 2030 pour le SR15-P4). Ces niveaux de production sont à mettre en regard de le niveau et rythme de croissance réel de cette production (~ 90 Mbpj, ~ +1%/an entre 2005 et 2015¹¹⁶).

Par ailleurs, alors que la plupart des scénarios projettent une électrification massive des usages énergétiques, potentiellement vorace en matériaux plus ou moins rares (voir section 8.B.1.c, p.62), très peu d'entre eux évoquent la question de la disponibilité de stocks de matériaux suffisants pour assurer la demande projetée.

115 - A titre heuristique, voir notamment « *Is investment in fossil fuel supply out of step with consumption trends?* », résumé aux décideurs du *World Energy Outlook 2018* (p28), AIE (2018)
116 - Voir IEA Statistics – *Oil Total primary energy supply*

C

Quel avenir pour les scénarios énergie-climat publics ?

Les scénarios de l'AIE, parmi les plus utilisés par les acteurs économiques, vont évoluer.

L'AIE a indiqué aux auteurs de ce rapport que les scénarios de l'ETP ne devraient plus être publiés sous le même format, et devraient se concentrer à l'avenir sur des analyses sectorielles ou technologiques spécifiques (évolutions des systèmes énergétiques, captage et stockage du carbone, efficacité des moteurs, nouveaux matériaux, etc.) Tandis que le scénario 2DS est aujourd'hui largement utilisé par de nombreuses organisations (en particulier à cause du niveau de détail qu'il offre), l'AIE a indiqué que le scénario SDS du WEO serait désormais la référence en matière de scénario bas-carbone. Le niveau de détail de ce scénario pourrait être à l'avenir similaire au scénario 2DS actuel.

Les grandes entreprises de l'afep sont favorables à établir un dialogue plus approfondi avec les concepteurs de scénarios, afin de favoriser la réalisation de scénarios plus proches de leurs besoins, tant en ce qui concerne les narratifs, les hypothèses que les données produites (voir Encadré 20 page de droite).

Face aux difficultés rencontrées par les entreprises pour utiliser les scénarios énergie-climat publics, plusieurs acteurs souhaitent favoriser la réalisation de « macro-scénarios » partagés, que les différents utilisateurs pourraient utiliser directement ou pour construire leur propres scénarios.

Dans son deuxième rapport d'évaluation de l'application de ses recommandations¹¹⁷, la TCFD consacre un long chapitre à l'analyse par scénario et constate notamment :

"Many existing scenarios, such as those developed by the IEA and IPCC, are largely intended for policy and research purposes; they do not lend themselves easily to business-specific applications in different sectors."

117 - Voir TCFD 2019 Status Report (juin 2019)

Encadré 20 : Favoriser les échanges entre entreprises et concepteurs de scénarios

Les résultats de l'enquête réalisée auprès du panel d'entreprises de l'Afep (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68), indiquent qu'une très grande partie d'entre elles (88%) considèrent qu'il leur est nécessaire de disposer de plusieurs scénarios dont les hypothèses sont contrastées dans le cadre d'une analyse par scénario.

Les entreprises interrogées considèrent que l'ensemble des catégories d'hypothèses devraient être plus diversifiées, à l'exception des hypothèses liées à la démographie (dont l'évolution est plus inertielle).

Près des trois quarts des entreprises du panel (72%) sont favorables à l'instauration d'un dialogue avec les concepteurs de scénarios.

Figure 33 : Part des entreprises du panel qui considèrent que les scénarios qu'elles utilisent (ou pourraient utiliser) devraient comporter des jeux d'hypothèses contrastés.

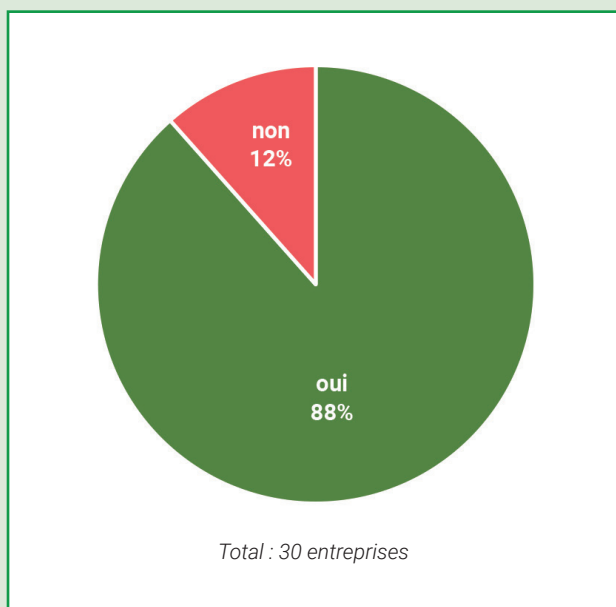


Figure 34 : part des entreprises du panel estimant que les catégories d'hypothèses considérées devraient être davantage diversifiées.

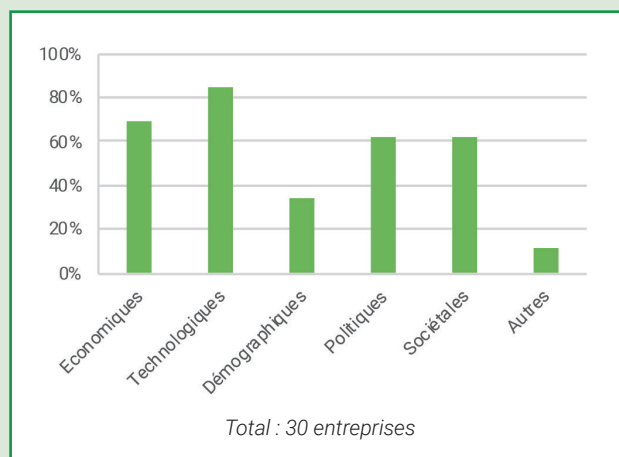
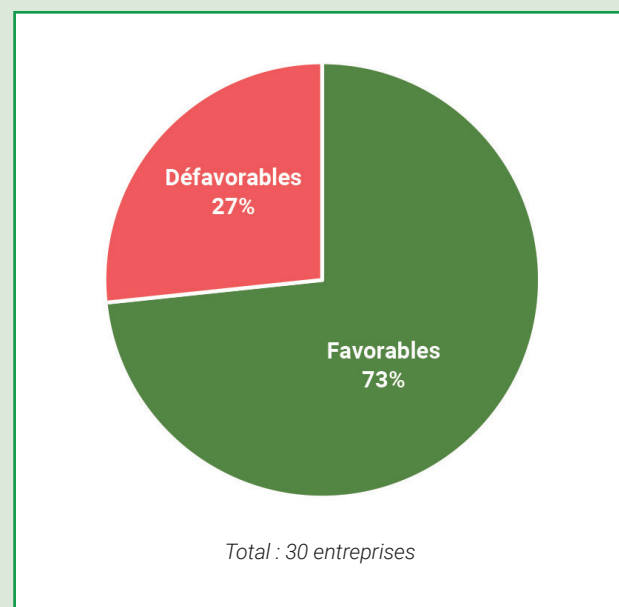


Figure 35 : Part des entreprises du panel favorables et défavorables à l'instauration d'un dialogue avec les concepteurs de scénarios.



De tels constats avaient également été formulés par les entreprises participant à la conférence conjointe de la TCFD et la Banque d'Angleterre en novembre 2017.

Plusieurs acteurs financiers et non-financiers soutiennent ainsi le développement et l'utilisation de macro-scénarios (standard scénarios) dans lesquels certaines hypothèses (socio-économique, politique et institutionnel, ou encore technique) seraient partagées et desquels des « sous-scénarios » adaptés à chaque acteur (ou chaque secteur) pourraient être dérivés¹¹⁸.

Identifiant cet enjeu comme critique pour le déploiement de l'analyse par scénario, la TCFD indique qu'elle pourrait consacrer une partie de ses travaux futurs au développement de scénarios énergie-climat adaptés aux entreprises¹¹⁹.

Les régulateurs financiers, notamment bancaires, se proposent également de développer des macro-scénarios que les acteurs financiers pourraient utiliser (voir partie 10.A, p.111).

Toutefois, compte tenu de leur visibilité auprès des acteurs économiques (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68 et paragraphe précédent), de la légitimité accordée à l'AIE sur ces sujets, de l'expertise et des ressources dont elle dispose, les scénarios produits par cette organisation pourraient s'imposer comme les macro-scénarios de référence utilisés par les acteurs économiques (voir partie 10.C, p.114).

Le développement de macro-scénarios est à mettre en regard de l'enjeu de comparabilité des informations publiées par les entreprises (voir partie 10.B, p.113).

118 - Voir par exemple la synthèse de la conférence TCFD-BoE (novembre 2017) : « Possibly establishing a process to agree on (a range of) 'anchor scenarios', i.e. scenarios that are internally consistent and have relevant and highly transparent assumptions (on technology, policy and socio-economic developments). Firms could then use these anchor scenarios to explain how their own scenarios differ, improving comparability » ou encore le dernier rapport d'évaluation de la TCFD (mai 2019) « Furthermore, several survey respondents (both preparers and users) indicated that the use of "standard" scenarios would be beneficial ».

119 - Voir rapport d'évaluation de la TCFD (mai 2019) "To promote greater adoption of climate-related scenario analysis by companies, the Task Force is considering additional work in the following two areas : additional process guidance around how to introduce and conduct climate-related scenario analysis and business-relevant and accessible scenarios. [...]. More business-relevant scenarios may spur additional adoption of scenario analysis by lowering implementation costs, improving understanding, and furthering comparability."

D

Comment utiliser des scénarios énergie-climat publics à ce stade ?

1 Suggestion de processus

Les scénarios énergie-climat publics demeurent des outils pertinents sur lesquels une entreprise pourrait s'appuyer afin d'évaluer la résilience de son modèle d'affaires dans le cadre des enjeux énergie-climat. Toutefois, pour beaucoup d'entreprises, un tel usage demeure un défi tant ces scénarios peuvent apparaître éloignés de leurs activités (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68).

Pour une entreprise, réaliser une évaluation de la résilience de son modèle d'affaires et de sa stratégie en se fondant sur des scénarios énergie-climat publics consiste à plonger son schéma d'activités dans l'avenir que projette ces scénarios.

Cela revient en pratique à externaliser le travail de modélisation de l'évolution de son schéma d'activités, schéma plus ou moins complexe, reposant sur des variables en interaction. La contrepartie de cette externalisation est une souscription au narratif et au jeu d'hypothèses choisis par le scénariste sélectionné.

La proposition de processus qui suit peut s'appliquer à toutes les entreprises. Ce processus se décompose en trois parties. Un exemple d'application est proposé en partie 8.D.2 (p. 92).

Étape 1 : identifier les variables critiques pour l'entreprise dans le cadre des enjeux énergie-climat d'atténuation et d'adaptation.

Cette étape déjà évoquée au Chapitre 4 et au Chapitre 5, consiste à identifier les principales variables critiques qui caractérisent la dépendance des activités de l'entreprise et de ses marchés aux transformations induites par le changement climatique et la transition bas-carbone.

Lorsque cette étape est menée à son terme, l'entreprise est parvenue à identifier ses principales variables critiques dans le cadre des enjeux énergie-climat.

Étape 2 : analyser l'évolution des principales variables critiques de l'entreprise dans des scénarios de transition qui décrivent cette évolution.

Les entreprises pourraient retrouver, parmi les informations qualitatives et quantitatives décrites dans les scénarios énergie-climat publics, certaines des variables critiques à son schéma d'activités identifiées préalablement, par marché et par zone géographique.

Cette étape commence donc par l'identification des familles de scénarios énergie-climat qui décrivent le plus grand nombre de variables critiques pour l'entreprise, avec la plus grande précision sectorielle et géographique. Une évaluation de la cohérence globale des scénarios identifiés pourra être ensuite réalisée.

Enfin, l'analyse de l'évolution des variables critiques décrite dans ces scénarios devrait permettre à l'entreprise de visualiser comment ses activités pourraient être affectées dans le futur présenté par le scénario, et comment la demande pour les produits et services qu'elle commercialise pourrait évoluer (voir Encadré 8 : L'approche quantitative du groupe Air Liquide, p.52).

Afin de couvrir le spectre des possibles le plus large, au moins trois scénarios devraient être utilisés, chacun aboutissant à une augmentation spécifique de la température globale : un scénario 2°C ou moins (transition forte) ; un scénario « réchauffement moyen » (transition limitée) et un scénario « réchauffement fort » (pas de transition). Chacun de ses scénarios pourrait appartenir à une même famille de scénarios, ou issus de familles différentes.

L'entreprise pourrait enfin identifier les éléments d'information qualitatifs et quantitatifs potentiellement utiles à l'analyse (narratifs, contexte) que pourraient comporter les scénarios sélectionnés.

Lorsque cette étape est achevée, l'entreprise est parvenue à :

- Identifier les familles de scénarios énergie-climat qui décrivent l'évolution de ses principales variables critiques dans le cadre des enjeux énergie-climat de

transition.

- Évaluer la cohérence globale des scénarios composant ces familles.
- Sélectionner trois scénarios de transition décrivant chacun un futur différent et aboutissant à une augmentation différente de la température globale.
- Visualiser comment ses activités et la demande pour ses produits et services pourraient être affectés par les enjeux énergie-climat de transition.

Étape 3 : analyser l'évolution des principales variables critiques de l'entreprise dans des scénarios physiques qui décrivent cette évolution.

Les scénarios énergie-climat publics se concentrent sur les enjeux de transition. Ils n'intègrent pas les conséquences physiques du changement climatique. Leur analyse ne permet donc pas de cerner ces enjeux fondamentaux pour l'avenir des activités des entreprises.

Chacun des scénarios de transition sélectionnés à l'étape 2 projette n'en projette pas moins une trajectoire d'émissions de CO₂ aboutissant à une certaine élévation de température. Il est alors possible de rapprocher ces trajectoires de celles décrites dans les RCP.

Type de scénarios de transition	Cumul émissions de CO ₂ en 2050 (scénario de transition)	RCP correspondant
Scénarios de transition 2°C ou <2°C (transition forte)	~ 1000 GtCO ₂	RCP 2.6
Scénarios de transition sup. à 2°C (transition limitée)	~ 1500 GtCO ₂	RCP 4.5 ou RCP 6.0
Scénarios de transition très sup. à 2°C (aucune transition)	~ 2000 GtCO ₂	RCP 8.5

À partir de cette correspondance, l'entreprise peut évaluer la vulnérabilité de ses activités face à différents phénomènes climatiques à horizon 2050, selon leur localisation (en s'appuyant sur les différents travaux traitant de l'impact du

changement climatique en fonction d'un certain niveau de forçage radiatif, travaux parmi lesquels figurent ceux des groupes n°1 et n°2 du GIEC)¹²⁰.

La sensibilité des activités de l'entreprise face aux phénomènes suivants pourra notamment être analysée :

- augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur ;
- augmentation de la durée et de la fréquence des épisodes de sécheresse ;
- intensification des précipitations et inondations ;
- élévation du niveau des mers (incl. érosion des côtes et submersion) ;
- augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes.

Lorsque cette étape est achevée, l'entreprise est parvenue à :

- Identifier, pour chaque scénario de transition qu'elle aura sélectionné, le RCP associé.
- Identifier les phénomènes induits par le changement climatique face auxquels sont vulnérables ses activités et la demande pour ses produits et services.
- Visualiser comment les phénomènes vont évoluer à l'avenir, et comment ses activités et la demande pour ses produits et services pourraient être affectés.

2 Cas pratique : processus d'analyse par scénario déployée par South 32



Dans son deuxième rapport d'évaluation, la TCFD indique plusieurs exemples de bonnes pratiques d'entreprises (BHP, Oil Search, Rio Tinto, Unilever, OP Trust, BlueScope Steel Ltd.) qui mettent en œuvre une analyse par scénario. Le lecteur pourra s'y référer et potentiellement s'en inspirer. Le processus mis en place par l'entreprise South32, décrit ci-dessous, est également représentatif de ce qu'il est possible de faire.

120 - La TCFD revient sur ces aspects dans le supplément technique de son rapport final (appendix 1, part 2 « physical scenarios »).

En 2018, South32 (voir Encadré 7, p.51) a publié un rapport « climat » dans lequel l'entreprise décrit ce processus. South32 indique analyser la résilience de son modèle d'affaires aux enjeux énergie-climat d'atténuation et d'adaptation à partir de trois scénarios.

Chacun de ces scénarios est composé d'éléments quantitatifs issus d'un scénario énergie-climat de transition et, dans un cas, des éléments issus de scénarios « climatiques ». Un narratif propre aux activités de l'entreprise cohérent avec ces éléments complète cette combinaison.

- Les scénarios 1 et 2 décrivent une transition plus ou moins marquée, mais sans conséquence physique du changement climatique, à tout le moins d'ici 2040.
- Le scénario 3 décrit un avenir marqué par le changement climatique dans laquelle aucune politique de transition n'est menée.

Ces scénarios sont volontairement extrêmes afin de distinguer clairement les spécificités des futurs envisagés. Le scénario 2 « Patchy progress » est considéré comme le cas de référence de l'analyse.

a — Analyse des risques de transition

South32 indique utiliser pour cela le scénario dans lequel ces risques sont les plus marqués, i.e. le scénario 1 « Global Cooperation » et procède selon 4 étapes :

• Étape 1, identification des principales variables critiques de l'entreprise pour les enjeux de transition :

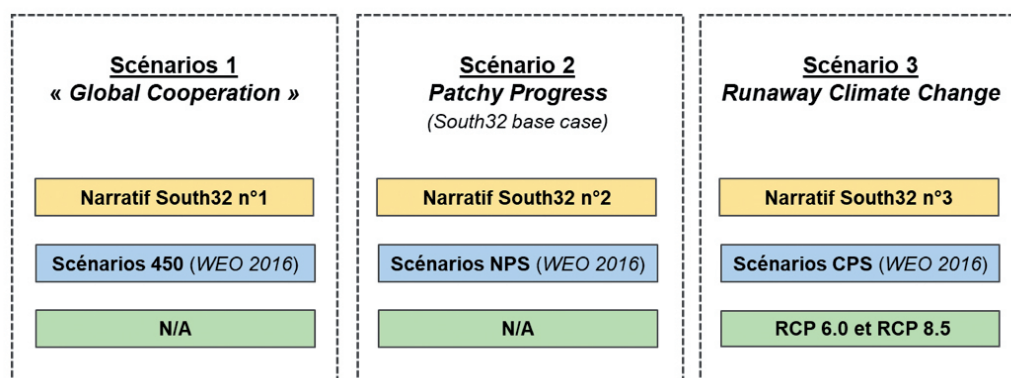
*"Our methodology is built around the existing valuation models and scenario-based analysis used in our strategic planning process. This considers **major variables such as the outlook for commodities, the development of technology, the needs of societies, consumer behavior and the ability of the environment** to continue providing the natural resources and ecosystem services that we and the world need to continue to thrive"* (p.29).

• Étape 2, évaluation qualitative de l'évolution de ces variables dans le scénario :

*"As a first step in evaluating comparative portfolio resilience, we applied the main supply and demand drivers to our existing global commodity models to determine whether the commodity would be advantaged or disadvantaged by the rapid transition involved, relative to the base case. This was a **qualitative step to frame the subsequent company-specific assessment.**"* (p.29).

• Étape 3, évaluation quantitative de l'évolution de ces variables dans le scénario :

"We then undertook a quantitative analysis to assess the scale of this directional impact on South32's specific



products and operations. This included factoring in relative demand for our products compared to competitors (e.g. based on chemical composition and supply location) and our position on the cost curve for each of our unique value chains". Voir p29 du rapport annuel de South32

- **Étape 4, évaluation de la résilience de la demande pour les produits de l'entreprise :**

"[We] use a fit-for-purpose resilience metric (Figure 4), which focused on the demand for each commodity from each operation in our portfolio. **Resilience was determined by a quantitative assessment of whether the supply and demand balance increased or decreased (ten per cent either way) or materially increased or decreased (20 per cent either way), relative to our base case forecasts out to 2040.**"

Figure 36 : Échelle de résilience de la demande des produits de South32 face aux risques de transition.



Source : South32 Climate change report (2018)

Figure 37 : Exemple d'évaluation de l'évolution de la demande en plomb pour le site de production de Connington (Queensland, Australia), dans le scénario « Global cooperation » par rapport au cas de référence (Patchy progress).

Site de Connington

- Demande en plomb



Source : South32 Climate change report (2018)

Une analyse plus détaillée de l'évolution de la demande des principales commodités les plus exposées est également publiée.

b — Analyse des risques physiques

South32 indique utiliser le scénario dans lequel ces risques physiques sont les plus marqués, i.e. le scénario 3 « Runaway climate change ». Elle procède selon 3 étapes :

- **Étape 1, sélection du scénario climatique correspondant au scénario de transition et identification des "facteurs de stress climatiques" :**

"Our methodology is built around Australian climate data projections that are aligned with the Runaway Climate Change scenario, and were largely sourced from the Mining Climate Assessment (MiCA) tool [based on latest IPCC AR5 climate projections data] available through the International Council on Mining and Metals (ICMM) database (using 2035 as a proxy for 2040) and CSIRO (using 2030 and 2050 projections to cross-check MiCA data). [...] projections were developed for several key measures (for example temperature increase, precipitation etc.) at the locations of each operation, which will plausibly be operated/ managed by South32 through to 2040, based on their reserve lives and post closure rehabilitation activities."

- **Étape 2, identification des variables critiques et des vulnérabilités des activités de l'entreprise face aux risques physiques :**

"Each operation was considered separately, and resilience was assessed across three key impact categories: **asset integrity and production continuity, maintaining supply chain and logistics, and worker health.** A total of 14 drivers were considered to give a range of possible outcomes to 2040".

- **Étape 3, évaluation de la résilience des activités de l'entreprise dans les différents sites de production :**

«Resilience [5 levels from very low to very high resilience] was assessed [...] considering:















> *Exposure*: A rating of exposure to acute and chronic physical climate change projected for an operation's location

> *Sensitivity*: A rating to reflect financial or other critical impacts that consider existing operational design, infrastructure and supply chain factors




> *Adaptive Capacity*: A rating to reflect an operation's capacity to adapt to avoid the critical impacts, based on an understanding of availability, current technology or other adaptation options

The results indicate where we may need to reprioritise our attention on designing and planning for resilience and will form an input into our ongoing planning process as we assess signposts for realising this or other scenarios.”




Figure 38 : Exemple d'évaluation des risques physiques pour le site de production d'alumine de Worsley (Australie)

Climate stressor	Examples of impacts considered for all South32 operations	Relative assessment of resilience in 2040 Runaway Climate change scenario – Worsley Alumina (Australia)
Changes in extreme weather patterns	 Containment failure in dams following intense rainfall	 Moderate resilience
	 Containment failure in facilities following intense rainfall	 High resilience
	 River flooding affects mine and processing operations	 High resilience
	 Cyclones or storms affect port and rail operations	 Moderate resilience
Warmer temperatures and lower rainfall	 Bushfires affect operations	 Moderate resilience
	 More dust created by our mining and processing activities	 Low resilience
	 Droughts affect water supply to operations	 Low resilience

Impact category key

-  Asset integrity and production continuity: Impacts which could directly affect the operation's capacity to operate safely and maintain planned production levels (e.g. direct damage from severe storms, flooding from intense rainfall events, productivity decline from increasing dust creation).
-  Maintaining supply chain and logistics: Impacts which could materially affect access to critical inputs and delivery of products to key locations (e.g. storms affecting port and rail integrity, drought affecting hydroelectric power supply, heat interrupting flight operations).
-  Worker health: Impacts on the health and safety of our employees (e.g. heat-related illness, increased malaria risk due to regional climate changes).

Resilience key

-  High resilience has been attributed where, under this scenario, our operations have been assessed as unlikely to be impacted in 2040 for this driver.
-  Moderate resilience has been attributed where, under this scenario, our operations have been assessed as may be impacted in 2040 for this driver.
-  Low resilience has been attributed where, under this scenario, our operations have been assessed as likely to be impacted in 2040 for this driver.

Source : South32 Climate change report (2018)

9

Communiquer en externe au sujet d'une analyse par scénario

Pour les entreprises, le *reporting* sur les éléments financiers liés au climat se structure autour des recommandations de la TCFD, notamment concernant l'analyse par scénario.

Par ailleurs, les entreprises sont de plus en plus sollicitées sur leur alignement avec une « trajectoire 2°C », voire une « trajectoire 1,5°C ». Il existe aujourd'hui pour certaines entreprises une tentation de communiquer en externe à ce sujet, alors qu'un travail de fond n'a pas toujours été réalisé, cela à des fins « réputationnelles ». Cette situation de communication externe prématurée crée un risque pour ces entreprises. Au-delà du risque d'actions juridiques, elle peut conduire les dirigeants de ces entreprises à considérer que les enjeux énergie-climat ont déjà été traités alors qu'ils n'ont pas encore été installés au cœur de la stratégie de leur entreprise.

A. Les analyses de long terme pourraient structurer les reportings	97
1. La recommandation de la TCFD sur l'analyse par scénario	97
2. Révision de la directive européenne sur le <i>reporting</i> extra-financier	98
B. Les entreprises sont sollicitées sur leur alignement 2°C et 1,5°C	100
1. Une interprétation stratégique	100
2. Un outil de communication ?	101
C. Communiquer sur une analyse par scénario réalisée en interne	101
1. État des lieux de la publication d'informations sur l'analyse par scénario	101
2. Publier des informations sur une analyse prospective réalisée en interne	102
3. L'initiative Science Based Target (iSBT)	104
4. Assessing Carbon Transition (ACT)	107

A

Les analyses de long terme pourraient structurer les reportings

1 La recommandation de la TCFD sur l'analyse par scénario

Dans son rapport final publié en juin 2017, la TCFD propose onze recommandations. L'une d'entre elles – « recommandation (c) du volet stratégie » – concerne « l'évaluation de la résilience de la stratégie d'une entreprise par rapport à plusieurs scénarios [énergie-climat], dont un d'entre eux projette un réchauffement climatique inférieur à 2°C ». Celle-ci est assortie d'une recommandation de publication d'information.

Selon la nature de l'entreprise (financière ou non), le secteur d'activité auquel elle appartient (exposé¹²¹ ou non) ou encore le volume de ses revenus (supérieur ou non à 1 milliard de dollars), la recommandation de publication est modulée.

« For an organization in the initial stages of implementing scenario analysis or **with limited exposure to climate-related issues**, the Task Force recommends disclosing how resilient, qualitatively or directionally, the organization's strategy and financial plans may be to a range of relevant climate change scenarios. [...] »

Organizations **with more significant exposure to climate-related issues** should consider disclosing key assumptions and pathways related to the scenarios they use to allow users to understand the analytical process and its limitations. In particular, it is important to understand the critical parameters and assumptions that materially affect the conclusions drawn [...]. »

Ainsi, pour les entreprises non-financières des secteurs exposés, les recommandations de publication sont très

121 - Pour les entreprises non-financière, les secteurs exposés sont : l'industrie de l'énergie (production d'électricité ; exploration, production d'hydrocarbures), l'industrie des transports de biens et de passagers (aérien, routier, maritime, ferroviaire, équipementiers), l'industrie lourde (matériaux de construction, extraction et production de métaux, chimie lourde, bâtiments, biens d'équipements) et l'industrie agroalimentaire et forestière. Voir rapport final de la TCFD (2017).

précises¹²² :

« For the climate-related scenarios used, organizations should consider providing information on the following factors to allow investors and others to understand how conclusions were drawn from scenario analysis:

- Critical input parameters, assumptions, and analytical choices for the climate related scenarios used, particularly as they relate to key areas such as policy assumptions, energy deployment pathways, technology pathways, and related timing assumptions.
- Potential qualitative or **quantitative financial implications** of the climate-related scenarios, if any. »

La plupart des cadres de reporting des informations climat se réfèrent désormais à la recommandation de la TCFD, notamment en ce qui concerne l'analyse par scénario.

De nombreuses initiatives visant à encadrer et standardiser le reporting climat des entreprises ont vu le jour depuis les travaux de la TCFD.

Parmi les travaux des régulateurs publics, on remarquera les travaux de la Commission européenne à la suite du Plan d'action de mars 2018 (voir partie 9.A.2, p. 98).

On retiendra également parmi les actions de régulateurs :

- le groupe de travail du *European Financial Reporting Advisory Group* (EFRAG), sur le reporting climat des entreprises, incluant notamment un sous-groupe traitant de l'analyse par scénario ;
- les travaux de l'*Autorité de régulation prudentielle britannique* (PRA) qui appelle les banques et les assureurs à réaliser une analyse par scénario à la suite de la recommandation de la TCFD (voir partie 10.A, p111) ;
- les travaux du *Network for Greening the Financial System* (NGFS), (voir partie 10.A, p111) qui encourage, pour les entreprises cotées, l'application des recommandations de la TCFD.

Par ailleurs, plusieurs organisations non gouvernementales impliquées dans les processus de reporting ont publié de nombreuses études ou lancé plusieurs initiatives visant à favoriser l'alignement des différents cadres de reporting existant sur les recommandations de la TCFD, parmi lesquelles :

- l'alignement du questionnaire *Climate Change* du CDP sur les recommandations de la TCFD depuis 2018 ;
- le « *Better Alignment Project*¹²³ » initié par le *Corporate*

122 - Voir TCFD Final report Appendix « Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate related Financial Disclosures ».

123 - Voir site web du projet

Reporting Dialogue (CRD) en novembre 2018. Ce projet, initié par l'International Integrated Reporting Council (IIRC), CDP, le Climate disclosure Standard Board¹²⁴ (CDSB), le Global Reporting Initiative (GRI) et le Sustainability Accounting Standards Board (SASB), visent à établir des correspondances entre les cadres de reporting de ces organisations avec les recommandations de la TCFD et à favoriser la standardisation des indicateurs climatiques utilisés.

- la publication d'un guide pour la mise en œuvre des recommandations de la TCFD par le CDSB et le SASB¹²⁵.

Ces quelques exemples ne sont pas exhaustifs et ne concernent pas tous spécifiquement l'analyse par scénario. Ils témoignent néanmoins de la dynamique autour des recommandations de la TCFD et de leur utilisation.

2 Révision de la directive européenne sur le reporting extra-financier

À la suite du Plan d'action de la Commission européenne, la révision des lignes directrices de la Commission européenne sur le reporting extra-financier intègre un volet « climat » qui reprend les recommandations de la TCFD sur l'analyse par scénario.

La Commission européenne a publié en mars 2018 son Plan d'action¹²⁶ qui définit une stratégie globale visant à favoriser l'intégration des enjeux de durabilité et de soutenabilité dans le système financier européen. Les objectifs que se fixe la Commission européenne sont déclinés en dix actions. Parmi celles-ci, l'action 9.2 du Plan d'action couvre la révision des lignes directrices non-contraignantes¹²⁷ (Non-Binding Guidelines, NBGs) de la directive concernant les informations non-financières¹²⁸ (Non-Financial Reporting Directive, NFRD) régissant la publication des informations environnementales, sociales et de gouvernance. Plus précisément, l'action 9.2 indique que la Commission mettra à jour les NBGs afin « d'aider les entreprises à mieux comprendre comment publier des informations climatiques

conformes, d'une part, aux recommandations de la Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) du Conseil de stabilité financière et, d'autre part, aux indicateurs climatiques qui seront intégrés dans le nouveau système de classification (voir l'action n° 1)¹²⁹ ».

À la suite de ce Plan d'action, le groupe d'experts (Technical expert group on sustainable finance, TEG) chargé par la Commission de formuler des propositions, a publié en janvier 2019 son rapport final sur la publication d'informations liées au changement climatique¹³⁰.

Dans ce rapport, le TEG entérine notamment la recommandation de la TCFD concernant l'analyse par scénario :

« Scenario analysis is a tool that can be applied to help understand the potential implications of climate change and the resilience of companies to those implications ("strategic resilience"). [...] Given the importance of forward-looking assessments of climate-related risk, scenario analysis is an important and useful tool for a company to use, both for understanding strategic implications of climate-related risks and opportunities and for informing stakeholders about how the company is positioning itself in light of these risks and opportunities ».

Le rapport du TEG introduit une segmentation de recommandations de publication d'informations légèrement différente de celle proposée par la TCFD. On retrouve notamment les cinq catégories déjà évoquées dans lignes directrices non-contraignantes publiées en 2017 : Business model / Policies and due diligence processes / Outcomes / Principal Risks and Their Management / Key Performance Indicators.

Il distingue également **trois types** d'information à chacune desquelles s'applique un niveau de publication :

- **Type 1** : les informations que les entreprises devraient (« should ») publier (« high expectation that all reporting companies disclose them¹³¹ ») ;

124 - Voir site web du CDSB

125 - Voir "TCFD Implementation Guide", SASB and CDSB (2019)

126 - Plan d'action de la Commission européenne du 8 mars 2018.

127 - European Commission, Guidelines on non-financial reporting

128 - Directive 2014/95/EU du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 modifiant la directive 2013/34/EU en ce qui concerne la publication d'informations non-financières. Cette directive exige notamment « que les grandes entités d'intérêt public comptant plus de 500 employés (sociétés cotées en bourse, banques et compagnies d'assurance) divulguent certaines informations non-financières ».

129 - Le périmètre couvert par les NBGs et la NFRD va au-delà du périmètre couvert par le TCFD (exclusivement les enjeux climat), mais accorde aux enjeux climatiques une place prépondérante.

130 - « Report on Climate-related Disclosures », groupe d'experts de la Commission européenne, janvier 2019.

131 - "The "general disclosures" (Type 1) refer to information that companies should disclose. At a minimum, a company is expected to report certain disclosures, irrespective of the companies' own assessment." Report on Climate-related Disclosures, groupe d'experts de la Commission européenne, janvier 2019.

- **Type 2** : les informations que les entreprises devraient considérer (« *should consider* ») publier (« *expected of companies with significant exposure to climate-related risks and opportunities*¹³² ») ;

- **Type 3** : les informations que les entreprises pourraient considérer (« *may consider* ») publier (« *additional or innovative disclosures that provide more enhanced information* »).

A partir de ces travaux, la Commission européenne a publié le 18 juin 2019, les « Lignes directrices pour la publication d'informations climat » incluant une correspondance avec les recommandations de la TCFD.

Après la publication du rapport du TEG en janvier 2019, la Commission a organisé une consultation publique auprès de différents acteurs et a publié en juin 2019 les « Lignes directrices pour la publication d'informations climat¹³³ ».

Les lignes directrices publiées suppriment la notion de « type d'information¹³⁴ » et intègrent les 5 catégories évoquées par le TEG (voir paragraphe précédent).

Plus particulièrement, la catégorie « *business model* », qui regroupe « *la description du modèle d'affaires de l'entreprise de manière à établir un lien clair entre ses activités et le changement climatique*¹³⁵ », inclut notamment :

"Describe the ways in which the company's business model can impact the climate, both positively and negatively.

Describe the resilience of the company's business model

132 - "The "supplementary disclosures" (Type 2) refer to information that companies should consider reporting on and depend on the company's own assessment of impacts of climate change on its Report on Climate-related Disclosures business and of its activity on climate change, carried out autonomously and in consultation with stakeholders. They also depend on the company's exposure to climate-related risks and opportunities as well as maturity vis-à-vis climate change and allow for further development of climate knowledge in the future." Report on Climate-related Disclosures, groupe d'experts de la Commission européenne, janvier 2019.

133 - Voir "Guidelines on reporting climate-related information", Commission européenne (juin 2019). Les nouvelles lignes directrices complètent les lignes directrices générales non contraignantes sur le reporting extra-financier adoptées par la Commission en 2017 qui demeurent pleinement applicables.

134 - Tandis que dans le rapport du TEG de janvier 2019, alors que l'inclusion des informations relatives à la recommandation stratégie (c) de la TCFD dans le type 1 ou le type 2 était en discussion, le document publié par la Commission tranche ainsi le débat. Voir "consultation document on the update of the non-binding guidelines on non-financial reporting" Commission européenne (mars 2019)

135 - "The company should describe its business model in a way that clearly relates its activities to climate change. In describing the effects of climate-related issues on their business model, companies should include consistent and historical disclosures of the following aspects: Describe the significance of climate-related issues for the business model and how strategies might change to address such potential risks (including transition risks and physical risks) and opportunities." Report on Climate-related Disclosures, groupe d'experts de la Commission européenne, janvier 2019.

and strategy, taking into consideration different climate related scenarios over different time horizons, including at least a 2°C or lower scenario and a greater than 2°C scenario. [Covers TCFD recommendation Strategy c)]"

La Commission européenne épouse dans ce document les recommandations de la TCFD, accentuant toujours davantage la pression sur les entreprises en ce qui concerne l'évaluation de la résilience du modèle d'affaires des entreprises dans plusieurs scénarios. On constate cependant qu'une plus grande liberté est laissée aux entreprises, notamment en ce qui concerne l'évaluation quantifiée des impacts (financiers) pour l'entreprise des transformations liées aux enjeux énergie-climat.

Au fil du temps, les cadres de reporting, dont la plupart s'inspirent des travaux de la TCFD, même s'ils demeurent non-obligatoires à ce stade, se structurent et tendent à s'harmoniser. On peut s'attendre à ce que de plus en plus d'acteurs, notamment les régulateurs (voir partie finance), s'en imprègnent encore davantage et s'y conforment.

Figure 39 : Table de correspondance entre les recommandations de la TCFD et les éléments cadres des NFRD de la Commission européenne.

			NFRD Elements				
			Business Model	Policies and Due diligence Processes	Outcomes	Principal risks and their mgmt.	Key performance indicators
TCFD Recommendations	Governance	a/ Board's oversight		●			
		b/ Management's role		●			
	Strategy	a/ Climate-related risks & opportunities				●	
		b/ Impact of climate-related risks & opportunities	●				
		c/ Resilience of the organisation's strategy	●				
	Risks mgmt.	a/ Processes for identifying and assessing				●	
		b/ Processes for managing				●	
		c/ Integration into overall risk management				●	
	Metrics & Targets	a/ Metrics used to assess					●
		b/ GHG emissions			●		
		c/ Targets			●		

Source : Commission européenne (2019).

B

Les entreprises sont sollicitées sur leur alignement 2°C et 1,5°C

1 Une interprétation stratégique

Un acteur économique peut être dit « aligné sur une trajectoire 2°C » si le modèle d'affaires et la stratégie qu'il déploie sont robustes et performants tout au long d'un processus de réorganisation profonde du système

économique, en phase avec l'objectif des 2°C.

Il existe un grand nombre de trajectoires possibles et cohérentes pour atteindre l'objectif des « 2°C ». Chacune peut être marquée par l'influence plus ou moins importante de déterminants structurants (démographiques, comportementaux, politiques, techniques, etc.).

En phase avec cette définition, s'aligner sur une (ou plusieurs) trajectoire(s) 2°C signifie conduire une analyse prospective par scénario visant à répondre à la question : « dans le cas d'une transition profonde du système économique en phase avec l'objectif des 2°C, le modèle d'affaires de mon entreprise demeurera-t-il performant et robuste ? ». **Il s'agit donc avant tout d'un exercice stratégique interne, relativement nouveau dans son application au cas du sujet climat, et par nature complexe.**

2 Un outil de communication ?

L'alignement d'une stratégie d'entreprise sur une trajectoire 2°C est un indicateur qui s'impose progressivement, mais ne correspond pas à son acception « stratégique ».

L'accélération de la mobilisation de la sphère financière sur le sujet « climat », observée notamment depuis la signature de l'Accord de Paris en 2015 et le discours de Mark Carney¹³⁶, a entraîné un fort intérêt de la part de nombreux acteurs financiers pour la question de « l'alignement 2°C » des entreprises et de leur contribution à la lutte contre le changement climatique.

Suivant cette tendance, le besoin de traduire (ou de justifier) d'une **manière simple et comparable** l'alignement 2°C d'une entreprise, a entraîné l'émergence d'une autre définition de ce concept.

Parce qu'il s'agit d'un paramètre relativement bien quantifiable, le volume d'émissions de GES (projeté) s'est imposé comme le proxy généralement retenu pour caractériser ou non l'alignement d'un acteur économique sur une trajectoire 2°C.

Un acteur économique est alors dit « aligné sur **une** trajectoire 2°C » lorsque le niveau d'effort consenti et/ou envisagé par cet acteur pour réduire ses émissions de GES est compatible avec **la** trajectoire 2°C (globale) considérée, notamment selon le secteur d'activité et la zone géographique. En d'autres termes, un acteur est aligné sur une trajectoire 2°C s'il respecte la part du budget carbone qui lui aura été allouée selon la trajectoire 2°C (globale) considérée.

Toutefois, un tel exercice, s'il peut être vertueux et pertinent à certains égards, comporte des limites :

1. il qualifie (au sens défini ci-dessus) l'alignement selon une trajectoire unique (et potentiellement discutable) ;
2. il ne permet pas de saisir les transformations liées aux enjeux énergie-climat qui affecteront l'environnement de l'entreprise ;
3. il peut être réalisé sans avoir conduit préalablement une véritable analyse de fond telle qu'une analyse prospective par scénario.

Cette approche, qui prévaut pour un nombre croissant

136 - Carney, M. (2015) "Breaking the Tragedy of the Horizon – climate change and financial stability", Discours de Mark Carney, gouverneur de la banque d'Angleterre et président du conseil de stabilité financière, Lloyd's of London, 29 septembre 2015

d'acteurs, a en partie dénaturé la démarche stratégique initiale, en inversant le processus logique qui voudrait que l'analyse stratégique intervienne en amont de la phase de communication.

C

Communiquer sur une analyse par scénario réalisée en interne

1 État des lieux de la publication d'informations sur l'analyse par scénario

Les entreprises qui réalisent une analyse par scénario pour évaluer la résilience de leur modèle d'affaires et qui publient des informations associées sont peu nombreuses.

Plusieurs études indiquent que la publication d'informations relatives à l'analyse par scénario réalisée par les entreprises demeure très limitée aujourd'hui.

C'est le cas de l'étude réalisée par I4CE en partenariat avec CDP, en février 2019¹³⁷. Sur plus de 2000 réponses d'entreprises au questionnaire *Climate change* de CDP :

- seules 5 % des entreprises mettent en œuvre une analyse par scénario pour évaluer la résilience de leur modèle d'affaires dans le cadre des enjeux énergie-climat ;
- la moitié d'entre elles sont issues du secteur de l'énergie ;
- plus de la moitié sont basées en Europe.

L'étude constate par ailleurs que certaines confusions demeurent quant à la réalisation d'une analyse par scénario pour beaucoup d'entreprises.

137 - Voir Carbon brief n°61 : "Very few companies make good use of scenarios to anticipate their climate-constrained future", I4CE (2019)

C'est également le cas de la TCFD, qui a réalisé dans le cadre de son 2ème rapport d'évaluation¹³⁸ un sondage auprès de 200 entreprises (non-financières et financières) :

- 110 d'entre elles déclarent réaliser une analyse par scénario (57 % non-financières dont les 2/3 d'entreprises des secteurs de l'énergie, de l'industrie et de la production de matières premières ; 43 % financières, dont la moitié de banques).
- Sur ces 110 entreprises, seules 46 d'entre elles publient des informations sur la résilience de leur modèle d'affaires selon des scénarios énergie-climat.

Parmi les raisons qui expliquent ce phénomène, l'absence de recommandations méthodologiques et l'inadéquation des scénarios externes sont souvent citées (voir Encadré 14 : Utilisation des scénarios énergie-climat publics dans les entreprises françaises, p.68).

Si la plupart des entreprises soutiennent les recommandations de la TCFD, certaines considèrent que la publication d'informations sur la résilience de leur modèle d'affaires dans un ou plusieurs scénarios peut représenter des difficultés.

La recommandation (c) du volet stratégie de la TCFD a suscité, dès sa publication, plusieurs réactions. Dans sa contribution¹³⁹ à la consultation publique précédant la publication du rapport final de la TCFD, IHS Markit a ainsi formulé plusieurs remarques sur les enjeux associés à l'interprétation par les investisseurs des informations publiées par les entreprises. IHS Markit indique par exemple que ces informations pouvaient introduire des confusions pour plusieurs raisons :

- Les entreprises peuvent potentiellement utiliser différents scénarios, avec différentes hypothèses, rendant tout exercice de comparaison délicat.
- Certaines entreprises qui bénéficient d'avantages compétitifs dans certains futurs bas-carbone peuvent préférer les garder confidentiels ; d'autres pourraient mener des analyses optimistes et être à tort perçues peu exposées.
- Les entreprises qui évoquent les enjeux énergie-climat pourraient être considérées comme plus à risque, qu'elles le méritent ou non.

IHS Markit en conclut que la publication dans les documents de référence d'informations sur les impacts financiers à long terme, identifiés dans une analyse par scénario, pourrait

induire les investisseurs en erreur, et a recommandé que cet aspect ne soit pas évoqué dans le rapport final de la TCFD (ce qui a été partiellement le cas).

L'Association française des entreprises privées (Afepe), dans une déclaration publiée en octobre 2018, rappelle également les risques de mauvaise interprétation par les parties prenantes des entreprises des informations qu'elles publient à partir d'approches qui demeurent très hétérogènes dans leur mise en œuvre :

*« Considering that the recommendations on climate scenarios are still debated, given the high uncertainty of assumptions and risks of misinterpretation by potential users in case of **heterogenous approaches between competitors of the same sectors.** »*

Les réponses à la consultation lancée par la Commission européenne dans le cadre de la révision des NFRD¹⁴⁰ (voir partie 9.A.2, p. 98) témoignent également d'une certaine réticence des entreprises à publier des informations sur la résilience de leur modèle d'affaires.

*“Some respondents welcomed the proposed business model disclosures, and there were a number of suggestions to move some of the Type 2 disclosures to Type 1. Some respondents argued that the number of proposed disclosures was too high and recalled that the NFRD requires a “brief” description of the business model. A number of these respondents proposed that some **disclosures should be moved from Type 1 to Type 2, or deleted entirely***

*There were a large number of comments about the proposed disclosures on resilience to different climate-change scenarios. Some respondents stressed the importance of this disclosure while others argued **that it was very challenging for companies.** There were several calls for further guidance on scenarios.”*

2 Publier des informations sur une analyse prospective réalisée en interne

La publication d'informations sur la façon dont une entreprise fait face aux enjeux énergie-climat avant la réalisation en interne d'une analyse prospective par scénario, peut conduire à retarder la bonne appropriation des enjeux énergie-climat par les dirigeants de l'entreprise,

138 - Voir TCFD 2019 Status Report (juin 2019)

139 - Voir "Climate-Related Financial Risk and the Oil and Gas Sector", IHS Markit (mai 2017)

140 - Voir "Climate-Related Financial Risk and the Oil and Gas Sector", IHS Markit (mai 2017)

retarder leur mobilisation ou les mettre en défaut.

La légitimation externe et compréhensible de la stratégie climat d'une entreprise - et en particulier d'une démarche « d'alignement 2°C » -, auprès de ses parties prenantes (investisseurs, financeurs, actionnaires, agences de notation, clients) et du public est devenue un véritable enjeu pour les entreprises.

La financiarisation de l'économie, le développement des technologies de l'information ou même des réseaux sociaux, en plus de détourner les dirigeants d'une vision de long terme, facilitent la mobilisation de tels acteurs, favorisent l'émergence d'un risque réputationnel fort pour l'entreprise et suscitent le besoin d'une communication réactive.

« Votre stratégie est-elle alignée sur une trajectoire 2°C » est ainsi une question très souvent adressée aux entreprises par leurs parties-prenantes.

Alors que la complexité de l'exercice stratégique (démarche, résultats) ainsi que son caractère inédit, ne simplifient pas la publication par l'entreprise d'informations utiles et accessibles à destination de ses parties prenantes, et que ces dernières font face à la problématique de la comparabilité des informations publiées (voir partie 10.B, p.113), les entreprises sont parfois tentées de recourir à des approches normatives d'alignement 2°C.

De telles approches, **lorsqu'elles ne reposent pas sur une analyse prospective par scénario réalisée en amont**, représente un écueil. Sans l'indispensable compréhension des potentielles évolutions de l'environnement d'affaires de l'entreprise contraint par les enjeux énergie-climat, ces approches sont réduites à demeurer des outils de communication, dont la portée stratégique est limitée. Elles peuvent par ailleurs retarder l'appropriation des enjeux énergie-climat par les dirigeants en leur donnant l'impression qu'ils ont fait le nécessaire.

Les entreprises sont exposées à un risque réputationnel lié à la sensibilité croissante de l'opinion publique aux enjeux énergie-climat. Pour autant, évaluer la résilience du modèle d'affaires d'une entreprise dans des scénarios cohérents décrivant des futurs souhaitables ou non, relève d'une approche objective et rationnelle.

Les enjeux énergie-climat sont complexes et peuvent comporter un aspect anxiogène (légitime) important pour l'opinion publique. Plusieurs entreprises indiquent que la publication d'informations sur l'analyse de scénarios

décrivant un futur dans lequel l'objectif de l'Accord de Paris ne serait pas atteint, les expose à un risque réputationnel significatif.

Pour autant, l'analyse prospective par scénario est une méthode rationnelle et objective qui inclut l'observation de plusieurs futurs, qu'ils soient souhaitables (respect des objectifs de l'Accord de Paris par exemple) ou non (transition chaotique ou risque physique élevé) en accord avec les principaux cadres de *reporting* et législation en vigueur.

Cet aspect devrait être souligné davantage par les pouvoirs publics et la TCFD.

Lorsqu'une entreprise a réalisé en interne une analyse prospective par scénario, le cadre de publication proposé par la TCFD ou le supplément du 20 juin 2019 relatif au climat des lignes directrices de la Commission européenne sur le *reporting* extra-financier est adapté.

La réalisation d'une analyse prospective par scénario vise à répondre à un besoin stratégique interne, centré sur les enjeux propres à l'entreprise et son environnement. Elle conduit, quelle que soit l'approche retenue (usage de scénarios internes ou de scénarios externes), à la production d'un certain nombre de livrables (scénarios, nouvelles opportunités, plan d'action, etc.) utilisés par les instances de direction de l'entreprise.

Parmi l'ensemble des informations contenues dans ces livrables, certaines n'ont pas vocation à être externalisées, alors que d'autres pourraient l'être.

La publication à destination des marchés d'une partie de ces informations doit s'inscrire dans le cadre des réglementations en vigueur et des besoins de l'entreprise vis-à-vis de ses parties prenantes.

La TCFD et la révision des lignes directrices sur le *reporting* extra financier pour intégrer le climat (voir partie 9.A.1 et 9.A.2, P. 97 et p. 98) offrent un cadre de *reporting* assez souple. La publication par l'entreprise d'informations sur l'évaluation de la résilience de son modèle d'affaires dans plusieurs scénarios pourrait s'insérer dans ces cadres sans pour autant que des contenus stratégiques confidentiels soient divulgués, ou que des engagements non-appropriés soient pris.

Les éléments publiables par une entreprise pourraient recouvrir :

1. Une description du processus d'analyse par scénario mis en place par l'entreprise pour évaluer la résilience de son modèle d'affaires face aux enjeux énergie-climat d'atténuation (risques de transition) et d'adaptation (risques physiques) ;
2. Une synthèse des narratifs (incluant les principaux déterminants d'environnement) utilisés ou réalisés par l'entreprise ;
3. Les scénarios énergie-climat publics sur lesquels repose l'analyse si l'entreprise en utilise ;
4. Une synthèse au moins qualitative des résultats de l'analyse par scénario ;
5. La fréquence de mise à jour de l'analyse.

Encadré 21 : Publication d'informations dans le rapport climat de South32

Une description du processus d'analyse par scénario	Oui	p.23
Une synthèse des narratifs	Oui	pp.24-26
Les scénarios énergie-climat publics sur lesquels repose l'analyse	Oui	pp.24-26
Une synthèse au moins qualitative des résultats de l'analyse	Oui	pp.29-38
La fréquence de mise à jour de l'analyse	Oui	p.23

Source : South32 Climate change report (2018)

3 L'initiative Science Based Target (iSBT)

L'initiative Science Based Targets (iSBT) s'est progressivement positionnée comme un outil d'évaluation de l'alignement des objectifs d'une entreprise sur une trajectoire 2°C. Cette démarche est en cours d'actualisation en vue d'une trajectoire 1,5°C.

a — Présentation de l'iSBT

L'initiative Science Based Targets (iSBT) a été fondée en 2015 par le CDP, le WWF, le WRI et UN Global Compact. Cette initiative :

- Définit et promeut les meilleures pratiques en ce qui concerne la définition d'objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre « fondés sur la science ».
- Valide les objectifs de réduction d'émissions des entreprises.
- Recense et met en avant les entreprises qui s'appliquent des objectifs de réduction fondés sur la science.
- Offre des ressources variées pour réduire les barrières à l'adoption de tels objectifs.

Le financement de l'iSBT est principalement assuré par la *Fondation IKEA*, *We Mean Business* et la *Fondation UPS*. Des financements additionnels sont également effectués par d'autres entreprises¹⁴¹.

L'iSBT va également introduire **à partir d'octobre 2019** un **tarif de validation** des objectifs d'un montant de 4 950 USD, destiné à couvrir les coûts croissants de validation.

En juin 2019, plus de 600 entreprises ont pris l'engagement de se fixer des objectifs de réduction de leurs émissions compatibles avec la science dans les 2 ans à venir. Parmi elles, 202 entreprises ont vu leurs objectifs de réduction validés par l'iSBT.

Méthodes existantes de calcul des objectifs

Pour une entreprise, se fixer des objectifs de réduction d'émissions de GES fondés sur la science compatibles avec l'Accord de Paris revient à rendre cohérente la trajectoire particulière d'évolution des émissions de l'entreprise avec le respect d'un budget global fini d'émissions de GES.

L'objectif de l'Accord de Paris comporte en réalité deux cibles : idéalement limiter le réchauffement global à 1,5°C et sinon rester bien en-deçà des 2°C. Les entreprises devront à minima respecter ce niveau d'ambition, (vs 2°C aujourd'hui), **à partir d'octobre 2019**.

L'initiative SBT propose ainsi **trois méthodes de calcul** des

¹⁴¹ - Nike, Target, ClimateWorks Foundation, C&A Corporation, Lenzing, The Bank of New York Mellon, Dutch Platform Carbon Accounting Financials, BMW, Daimler, Deutsche Post DHL, La Poste, Michelin, Renault, SNCF, Volvo.

objectifs de réduction¹⁴² « fondés sur la science » :

- **Approche en valeur absolue** : un pourcentage de réduction des émissions en absolu à un horizon de temps donné est calculé. C'est une approche en contraction, où toutes les entreprises doivent réduire leurs émissions dans les mêmes proportions, quel(le) que soit le secteur/la trajectoire de croissance.
- **Approche sectorielle** : fondée sur des budgets de GES ventilés par secteur et intégrant les options technologiques et les perspectives d'évolution de l'activité. C'est une approche en convergence, où chaque secteur se voit attribuer un budget d'émissions de GES et où ensuite chaque entreprise peut déterminer sa trajectoire en fonction de celle de son secteur d'activité spécifique. Cette approche nécessite le développement de méthodes sectorielles, déjà existantes pour certains secteurs (*Iron & Steel, Cement, Aluminium, Pulp & Paper, Power generation, Service industry/commercial buildings, ground transport operators and vehicle manufacturers*) mais restant à développer pour un certain nombre d'autres secteurs.
- **Approche économique** : fondée sur un budget global d'émissions de GES et une trajectoire globale d'évolution de l'activité économique. C'est une approche en compression, où les entreprises doivent réduire l'intensité carbone de leur activité économique en cohérence avec la réduction globale requise de l'intensité carbone. Elle est applicable uniquement pour les objectifs liés au scope 3 de l'entreprise.

Coût de mise en œuvre

Trois cas de figure peuvent se présenter pour une entreprise souhaitant faire valider par l'*iSBT* ses objectifs de réduction d'émissions de CO₂ :

- **l'entreprise souhaite uniquement valider les objectifs qu'elle a calculés en interne par l'*iSBT*** : cette opération sera gratuite jusqu'en septembre 2019 ; à partir d'octobre 2019, cela lui coûtera 4 950 USD ;
- **l'entreprise a besoin d'être accompagnée par un cabinet de conseil pour l'aider à calculer ses objectifs** (ce qui peut nécessiter en amont le calcul des émissions de l'entreprise et, en aval, un accompagnement sur les actions à mettre en place pour atteindre les objectifs) : l'entreprise doit s'acquitter d'une prestation de conseil dont le montant

sera fonction de l'ampleur du travail à réaliser ;

- **l'entreprise souhaite développer avec d'autres acteurs de son secteur d'activités une méthode sectorielle qui n'existe pas encore** : le recours à un cabinet de conseil pour une telle mission peut représenter un investissement de 100 à 150 k€, à partager potentiellement entre les entreprises partenaires.

b — Analyse de l'*iSBT*

L'iSBT est un outil méthodologique pertinent dans le cadre TCFD pour les recommandations du volet « *Metrics and Targets* » mais qui apparaît moins adapté pour les recommandations du volet « *Strategy* » (notamment l'analyse de la résilience du modèle d'affaires d'une entreprise face aux enjeux énergie climat).

L'initiative SBT présente des apports positifs sur deux aspects :

- Elle permet à l'entreprise de **calculer le bon ordre de grandeur des objectifs de réduction d'émissions** pour s'assurer que son effort soit compatible avec l'ambition de l'Accord de Paris. Les risques de « greenwashing » sont ainsi fortement limités par ces méthodes de calcul externes à l'entreprise et de validation des objectifs par un tiers indépendant. L'entreprise peut ainsi répondre de manière sérieuse à la recommandation c) du volet *Metrics and Targets* du cadre de *reporting* recommandé par la TCFD (en vert dans la figure 41, P.106).
- Cette initiative, parce qu'elle engage l'ensemble de l'entreprise et qu'elle impose que les objectifs soient systématiquement validés au plus haut niveau hiérarchique, peut être **un moyen efficace de sensibilisation et de mobilisation en interne** vers la réduction des émissions de GES de l'entreprise. Ce sujet n'est alors plus seulement cantonné aux experts de la direction RSE/Développement durable car l'atteinte de ces objectifs nécessite l'implication de tous les services/sites de l'entreprise.

Toutefois, la validation d'objectifs de réduction par l'*iSBT* ne procurent pas à l'entreprise d'informations sur la résilience de ses activités dans le cadre d'une transformation de son environnement affecté par les enjeux énergie-climat, ni sur les opportunités qui pourraient émerger. Par exemple, l'*iSBT* ne permet pas d'appréhender l'évolution de la demande pour les produits commercialisés par l'entreprise, ni son contexte concurrentiel et réglementaire. Ces éléments sont pourtant nécessaires pour évaluer la résilience de sa stratégie, éclairer la décision des dirigeants de l'entreprise et *in fine* répondre à la recommandation (c) du volet « *Strategy* » de la TCFD.

142 - Pour davantage de détails sur l'ensemble de ces approches, le lecteur pourra consulter les documents suivants :

- « *Foundations of Science-based Target Setting* » (avril 2019) qui décrit le cadre des méthodologies de l'*iSBT* et les méthodes d'évaluation des scénarios sous-jacents.

- « *Science-Based Target Setting Manual* » (avril 2019) qui décrit les étapes de détermination des objectifs de réduction d'émissions.

D'autres informations sont également disponibles sur le site web de l'*iSBT*

Figure 40 : Visualisation de la pertinence de l'iSBT dans le cadre de la TCFD. En vert, ce à quoi permet de répondre l'iSBT. En rouge, ce que l'iSBT ne permet pas.

Recommendations and Supporting Recommended Disclosures			
Governance	Strategy	Risk Management	Metrics and Targets
Disclose the organization's governance around climate-related risks and opportunities.	Disclose the actual and potential impacts of climate-related risks and opportunities on the organization's businesses, strategy, and financial planning where such information is material.	Disclose how the organization identifies, assesses, and manages climate-related risks.	Disclose the metrics and targets used to assess and manage relevant climate-related risks and opportunities where such information is material.
Recommended Disclosures	Recommended Disclosures	Recommended Disclosures	Recommended Disclosures
a) Describe the board's oversight of climate-related risks and opportunities.	a) Describe the climate-related risks and opportunities the organization has identified over the short, medium, and long term.	a) Describe the organization's processes for identifying and assessing climate-related risks.	a) Disclose the metrics used by the organization to assess climate-related risks and opportunities in line with its strategy and risk management process.
b) Describe management's role in assessing and managing climate-related risks and opportunities.	b) Describe the impact of climate-related risks and opportunities on the organization's businesses, strategy, and financial planning.	b) Describe the organization's processes for managing climate-related risks.	b) Disclose Scope 1, Scope 2, and, if appropriate, Scope 3 greenhouse gas (GHG) emissions, and the related risks.
	c) Describe the resilience of the organization's strategy, taking into consideration different climate-related scenarios, including a 2°C or lower scenario.	c) Describe how processes for identifying, assessing, and managing climate-related risks are integrated into the organization's overall risk management.	c) Describe the targets used by the organization to manage climate-related risks and opportunities and performance against targets.

Source : rapport final de la TCFD

La méthode « phare » de l'iSBT, la Sectoral Decarbonization Approach (SDA) poursuit une logique de déclinaison sectorielle du budget carbone à respecter pour limiter la hausse des températures à 2°C, à partir d'un unique scénario dont certaines hypothèses peuvent être discutées.

Cette approche sectorielle peut être pertinente, mais ventiler les émissions cumulées par secteur selon une seule trajectoire de décarbonation introduit certaines limites (le scénario 2DS de l'étude ETP 2017 publiée par l'AIE, voir Encadré 16 : Scénarios de l'AIE, p.71).

D'une part, la méthode ne permet pas de considérer les très nombreuses autres trajectoires socio-économiques possibles pouvant potentiellement aboutir à des objectifs de réduction différents.

D'autre part, comme toutes les trajectoires, celle retenue est discutable sur le fond, qu'il s'agisse de l'approche de modélisation (voir partie 8.B.3.d et 8.B.3.c, p.86 et p.78) ou des

hypothèses d'entrée (voir partie 8.B.3.c, p78). Par exemple, cette trajectoire inclut le déploiement significatif de CCS (~5,4 GtCO₂ capturés par an d'ici 2060 soit un rythme moyen de déploiement de ces technologies de l'ordre de 17%/an ; voir figure 29 p.83). Alors que rien ne garantit le déploiement de ces technologies au rythme projeté, fonder le calcul des objectifs de réduction d'émissions de l'ensemble des entreprises de la planète sur l'alignement avec une telle trajectoire, induit le risque que ces objectifs soient sous-évalués pour produire des émissions conformes avec les objectifs fixés par l'Accord de Paris.

Les méthodes de l'iSBT, parce qu'elles se veulent adaptées à chaque entreprise, sont complexes (à l'exception de l'approche en valeur absolue).

La volonté légitime d'intégrer les spécificités des entreprises (secteur d'activité, performance carbone initiale, croissance souhaitée de l'activité, etc.) conduit à des méthodes de calculs des objectifs de réduction par secteur, qui demandent un temps de développement significatif, alors

même que la finalité reste de fixer un objectif de réduction des émissions qui soit **du bon ordre de grandeur** pour l'horizon de temps choisi.

L'enjeu pour une entreprise est de comprendre comment atteindre cet objectif de façon opérationnelle et dans quelle mesure la décarbonation de ses activités et de ses marchés est porteuse de risques et d'opportunités. Il apparaît prioritaire pour une entreprise d'approfondir ainsi sa réflexion stratégique, plutôt que de mobiliser des ressources qui peuvent paraître excessives dans certains cas afin de calculer trop précisément leur objectif alors que de nombreuses incertitudes demeureront quoi qu'il arrive.

L'expression d'engagements de réduction d'émissions linéaires de GES ne permet pas de refléter le caractère nécessairement non-linéaire des transformations à venir de l'entreprise.

Les engagements de réduction d'émissions pris par les entreprises et validés par l'*iSBT* sont souvent communiqués publiquement de la façon suivante : réduction des émissions de - x% à l'horizon 20YY, soit une baisse de -z% par an. Cette manière de calculer les ambitions de réduction tend à présenter la décarbonation des activités de l'entreprise comme un processus linéaire, fluide et sans à-coups, alors qu'en réalité ce sont davantage des progrès « par palier » qui sont et seront constatés (à la suite d'un investissement, une recomposition du portefeuille d'activité, la mise en place d'une stratégie achat, etc.). Ce cadre méthodologique n'incite pas et ne permet pas de refléter un tel processus, alors même que ce sont souvent des ruptures (techniques, organisationnelles, etc.) qui permettront de faire face à ces enjeux. Une présentation des engagements par « budget carbone disponible sur une période de temps donnée » pourrait permettre de contourner cet écueil¹⁴³.

143 - Cela consisterait à allouer un budget carbone à une organisation sur une période de temps de donnée au lieu d'un taux de réduction d'émissions annuel, afin de mieux prendre en compte les progrès par palier.

4 Assessing Carbon Transition (ACT)

a — Présentation de l'initiative ACT

L'initiative ACT (*Assessing low-Carbon Transition*), lancée en 2017 par l'ADEME et le CDP est un outil qui vise à évaluer la maturité d'une entreprise face aux enjeux climatiques, par rapport à une trajectoire 2°C propre à son secteur d'activité.

Cette évaluation repose sur les réponses quantitatives et qualitatives de l'entreprise à un questionnaire sectoriel, comparées par la suite à un référentiel sectoriel, établi à partir de la méthode SDA issue de l'*iSBT* (voir partie 9.B.3.a, p.104).

À l'issue du processus d'évaluation, trois résultats sont disponibles :

- **Une note décomposée en trois parties** : une note de performance (qui évalue le positionnement de la stratégie de l'entreprise par rapport à la trajectoire 2°C de référence), une note d'évaluation (qui transcrit la transparence de l'entreprise et la cohérence des données qu'elle fournit) et enfin une note de tendance (qui indique si l'entreprise s'inscrit dans une dynamique de rapprochement ou d'éloignement de la trajectoire).
- **Une description des données** et informations sur lesquelles se fonde l'évaluation.
- **Un résumé d'évaluation** qui récapitule les résultats clés de l'étude et donne des pistes d'amélioration.

Le processus de l'initiative ACT est résolument sectoriel. À ce jour, trois secteurs sont couverts par la méthode (construction automobile, production d'électricité et grande distribution¹⁴⁴). D'ici 2021, tous les secteurs identifiés comme exposés par la TCFD (voir partie 9.A.1, p.97) devraient être intégrés.

La méthodologie est destinée aux grandes entreprises, aux PME, ainsi qu'aux ETI. Pour recourir à la méthode ACT, une entreprise doit au préalable avoir effectué un bilan carbone (ou équivalent) et doit avoir des objectifs de réduction des émissions à court ou moyen terme.

144 - À titre d'exemple, les entreprises suivantes ont participé au test de la méthode ACT : General Motors, Renault, Honda, Toyota et PSA Peugeot Citroën pour l'industrie automobile ; Uniper, SSE, Endesa, AGL, NRG, Enel, Engie et EDF pour la production d'électricité ; Groupe casino, J. Front Retailing, Decathlon, The Warehouse Group, Walmart, Carrefour, Woolworths et Kesko pour la grande distribution

CDP, membre fondateur de l'initiative, a indiqué que la stratégie d'intégration des résultats de l'initiative ACT est en cours de définition, mais envisage d'intégrer graduellement ceux-ci dans son questionnaire *Climate change*.

b — Analyse de la méthode ACT

La méthode et les résultats de l'initiative ACT constituent un outil d'aide à la définition d'objectifs et d'un plan d'action climat.

Le cadre méthodologique défini par l'initiative ACT permet d'évaluer l'alignement des objectifs de réduction d'émissions de CO₂ d'une entreprise mais aussi de sa structure interne (i.e. ses investissements, son budget R&D, etc.) avec un référentiel donné (un scénario).

Les résultats constituent un diagnostic complet du positionnement de l'entreprise dans un tel référentiel. Plusieurs entreprises pilotes reconnaissent que le cadre méthodologique défini par l'initiative ACT leur offre l'opportunité d'identifier les leviers d'action à disposition et potentiellement d'alimenter la construction d'une stratégie bas-carbone. L'adaptation sectorielle de la méthode, permet par ailleurs une analyse fine de l'entreprise.

La méthode est engageante pour l'entreprise car elle fait appel à des indicateurs demandant un investissement des collaborateurs à tous les niveaux hiérarchiques, et pas uniquement à l'échelle de la seule direction du développement durable.

La possibilité pour l'entreprise de s'adapter aux trajectoires nationales, présentée lors d'une phase pilote avec l'intégration de la SNBC devrait permettre de diversifier les référentiels utilisés.

Enfin, l'évaluation externe et la note d'évaluation rendent difficiles les opérations de « *greenwashing* ».

Toutefois, la méthode ACT ne permet pas de répondre aux recommandations de la TCFD du volet « *Stratégie* » (notamment l'analyse de la résilience du modèle d'affaires d'une entreprise face aux enjeux énergie-climat).

Le cadre méthodologique de l'initiative ACT n'a pas été conçu pour appréhender la résilience du modèle d'affaires de l'entreprise dans plusieurs scénarios de transition bas-carbone, ni pour lui permettre d'identifier les opportunités et les risques associés à de tels scénarios.

L'usage (à ce jour) d'un scénario unique (le scénario 2DS de l'étude ETP 2017 publiée par l'AIE, voir Encadré 16 : Scénarios de l'AIE, p.71) pour définir le référentiel dans lequel est projetée l'entreprise (allocation du budget carbone selon l'approche SDA, niveau d'investissement requis, etc.) représente, tout comme l'ISBT, une limite tant pour le caractère discutable de certaines hypothèses que pour l'absence de diversité des futurs étudiés (voir partie 9.C.3.b, p.105).



10

Les scénarios énergie-climat dans le secteur financier

Les acteurs financiers reconnaissent que les enjeux énergie-climat sont des sources importantes de risques financiers. A ce titre, les régulateurs se mobilisent pour encourager l'évaluation de la résilience des portefeuilles d'actifs face à ces risques (stress test) et alertent sur le caractère potentiellement chaotique de la transition.

Le besoin de comparer facilement les entreprises (et les stratégies qu'elles affichent) entre elles, conduit la plupart des acteurs financiers à favoriser l'usage de méthodologies qui s'appuient sur des scénarios partagés par toutes les parties prenantes. Paradoxalement, le critère de comparabilité des informations publiées est promu par la TCFD.

À ce jour, les acteurs financiers (agences de notation et investisseurs) sollicitent encore peu les entreprises sur leur analyse prospective à partir de scénarios. Dans les faits, il apparaît que pour beaucoup d'entre eux la matérialité financière du risque de transition ne semble pas significative. Ce niveau de sollicitation devrait toutefois augmenter dans un avenir proche.

A. Actions des régulateurs financiers	111
B. Acteurs financiers et analyse par scénario, quels enjeux ?	113
C. Acteurs financiers et analyse par scénario : état des lieux et tendances ...	114
1. Actions des agences de notation financière.....	114
2. Actions des investisseurs institutionnels	117

A

Actions des régulateurs financiers

Les banques centrales (et leur organe de régulation prudentielle) se mobilisent pour favoriser l'usage de scénarios par les institutions financières afin d'évaluer la résilience de leur portefeuille face à ces risques. Ces acteurs alertent sur le caractère potentiellement chaotique de la transition.

Les banques centrales (et leur organe de régulation prudentielle) jouent un très grand rôle dans la régulation du système financier. Suivant la dynamique de mobilisation de la sphère financière face aux enjeux énergie-climat, certaines d'entre elles se sont regroupées en 2018 au sein du *Network for Greening the Financial System* (NGFS) afin de promouvoir l'émergence de recommandations à destination de l'ensemble du système financier et de bonnes pratiques parmi les superviseurs et les banques centrales¹⁴⁵.

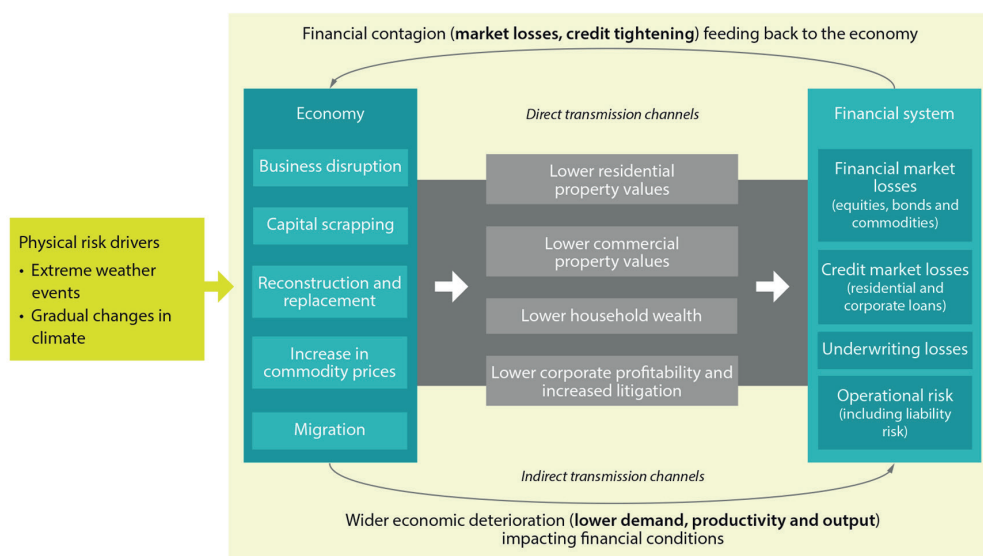
Les 36 banques centrales membres du NGFS, dont le secrétariat est assuré par la Banque de France, reconnaissent ainsi :

"Climate-related risks are a source of financial risk. It is therefore within the mandates of central banks and supervisors to ensure the financial system is resilient to these risks. ¹⁴⁶"

Le NGFS a publié en avril 2019 son premier rapport d'activité intitulé *"A call for action Climate change as a source of financial risk"*. Ce document est assorti de plusieurs recommandations parmi lesquelles figure le recours à l'analyse par scénario :

"Recommendation n°1: Integrating climate-related risks into financial stability monitoring and micro-supervision : Important steps in this regard include [...]
- conducting quantitative climate-related risk analysis to size the risks across the financial system, using a consistent and comparable set of data-driven scenarios encompassing a range of different plausible future states of the world [...]"

Figure 41 : Comment le risque climat peut affecter la stabilité financière.



Source : NGFS 1st comprehensive report (2019)

145 - Le Réseau des banques centrales et des superviseurs pour le verdissement du système financier (*Network for Greening the Financial System – NGFS*) est une initiative de la Banque de France, lancée lors du « One Planet Summit » à Paris le 12 décembre 2017.

146 - Voir le premier rapport d'activité du NGFS *"A call for action Climate change as a source of financial risk"*, NGFS (Avril 2019)

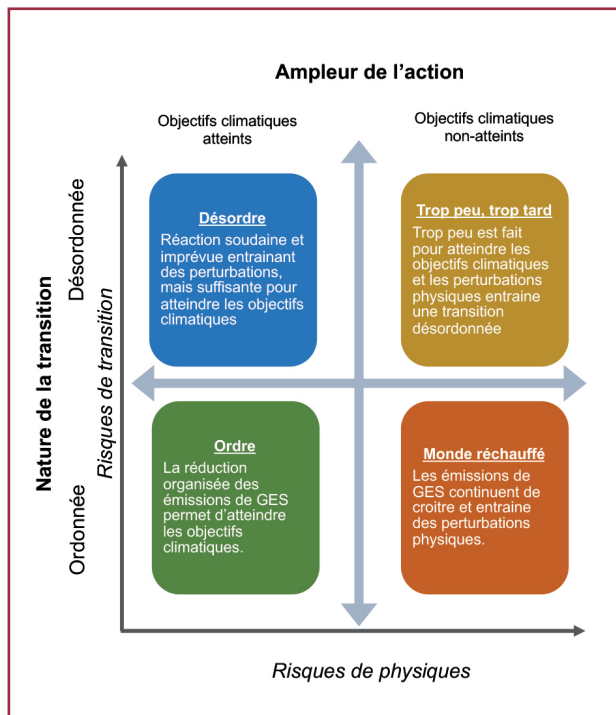
Au-delà de cette recommandation qui s'inscrit dans le cadre de la TCFD, les membres du NGFS introduisent (à la suite de la Banque d'Angleterre, voir ci-dessous) un aspect important jusqu'à présent relativement absent des discussions : la reconnaissance du **caractère potentiellement chaotique de la transition**. Il est ainsi rappelé à plusieurs reprises que les risques de déstabilisation du système financier sont plus importants dans les cas où la décarbonation se produirait d'une manière désordonnée dans une précipitation qui ferait suite à une trop longue inaction.

Le NGFS considère que deux axes doivent être pris en compte pour évaluer les risques physiques et de transition qui pèsent sur le système financier¹⁴⁷ :

- L'atteinte ou non des objectifs climatiques, *i.e.* l'ampleur des mesures prises pour réduire les émissions de GES.
- Le caractère ordonné ou désordonné de la transition, *i.e.* si les actions sont prises sans heurt et de façon prévisible.

Quatre macro-scénarios prenant en compte ces deux dimensions sont proposés aux superviseurs et pourraient être inclus dans leurs processus internes, notamment de stress test.

Figure 42 : 4 macro-scénarios proposés par le NGFS prenant en compte le caractère désordonné ou non de la transition et l'atteinte ou non des objectifs climatiques.



Source : NGFS (2019)

147 - Voir « Box 2: Designing a scenario analysis framework for central banks and supervisors », rapport du NGFS (2019)

Le NGFS s'est en partie appuyé sur les travaux réalisés par la Banque d'Angleterre via la *Prudential Regulation Authority* (PRA), notamment en ce qui concerne l'intégration du caractère potentiellement désordonné de la transition¹⁴⁸ et les trames de scénarios utilisées pour ses stress test¹⁴⁹. La PRA insiste par ailleurs sur la nécessité pour les acteurs financiers de se projeter à long terme et sur la nature qualitative de l'exercice¹⁵⁰. En France, l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution (ACPR) s'inscrit dans la même dynamique et recommande aux assureurs de développer une analyse prospective de leur portefeuille¹⁵¹ et aux banques de poursuivre leurs travaux sur la mise en œuvre de stress tests¹⁵². De même, l'EIOPA, autorité de tutelles des fonds de pension et des assureurs, interroge le marché¹⁵³ sur la prise en compte de la « soutenabilité » (*i.e.* principalement la contrainte énergie-climat) dans la régulation européenne.

Le NGFS indique par ailleurs que les macro-scénarios décrits dans la Figure 36 pourraient être utilisés par d'autres acteurs financiers et non-financiers¹⁵⁴.

Les récents travaux du TEG visant à favoriser l'émergence d'une finance verte en Europe (taxonomie et indices notamment) et les évolutions réglementaires qui pourraient suivre, ne doivent pas occulter la nécessité de

148 - Voir « Enhancing banks' and insurers' approaches to managing the financial risks from climate change », PRA Supervisory Statement SS3/19 (2019) et particulièrement « 2.6 [...] Financial risks from climate change will be minimised if there is an orderly market transition to a low-carbon world, but the window for an orderly transition is finite and closing. » et « 3.15 The scenario analysis should, where appropriate, include a [...] longer term assessment of the firm's exposure, based on its current business model, of a range of different climate-related scenarios. For example: scenarios based around average global temperature increases consistent with, or in excess of 2°C; and scenarios where the transition to a low-carbon economy occurs in an orderly manner, or not. »

149 - Voir « Life Insurance Stress Test2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions », PRA (2019) et « General Insurance Stress Test2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions », PRA (2019).

150 - Ibid. Voir « 3.15 [...] The PRA expects the time horizon of this long-term assessment to be in the order of decades. As with other types of scenario analysis, this is not intended to be a precise forecast, but a qualitative exercise used to inform strategic planning and decision making. »

151 - Voir « Les assureurs français face au risque de changement climatique », Analyse et synthèses n°102-2019, ACPR (2019) et particulièrement la partie recommandations « Ces scénarios peuvent par exemple s'appuyer sur des hypothèses très diverses : augmentation des températures (à 1,5 °C, 2 °C ou encore 4 °C), rupture dans les politiques publiques du climat (via l'introduction de normes réglementaires contraignantes par exemple), technologique (capture du carbone), ou encore via un changement de comportement rapide des consommateurs. »

152 - Voir « Les groupes bancaires français face au risque climatique », Analyse et synthèses n°101-2019, ACPR (2019).

153 - Voir « Consultation Paper on an opinion on sustainability within Solvency II », EIOPA (juin 2019)

154 - Voir « A call for action Climate change as a source of financial risk », NGFS (Avril 2019) : « Although these scenarios are primarily being developed by central banks and supervisors in support of their own work and objectives, these scenarios may provide a useful input for other stakeholders, such as financial and non-financial firms, in considering how they may be impacted by climate change »

mobiliser les ressources internes et externes permettant une analyse approfondie et de long-terme des enjeux énergie-climat par les acteurs financiers.

La taxonomie européenne des activités durables en cours d'élaboration¹⁵⁵ vise à favoriser l'orientation des flux de capitaux vers des activités économiques plus durables. S'il s'agit d'un outil commun très pertinent pour faciliter les décisions des acteurs financiers, cette taxonomie est également un facteur de simplification qui ne tend pas à stimuler chez de tels acteurs l'analyse détaillée des stratégies établies par les entreprises qu'ils financent ou dans lesquelles ils investissent. L'ACPR est lucide sur la question en indiquant par exemple aux assureurs (c'est nous qui soulignons) :

« L'adoption, par la Commission européenne, d'une taxonomie permettant de définir de façon précise les actifs « verts » sera une aide précieuse pour dresser un état des lieux du portefeuille des assureurs à l'actif comme au passif. **Cependant, les organismes d'assurance ne pourront s'affranchir de l'utilisation de scénarios pour développer une analyse prospective de leurs portefeuilles.** »

Les travaux du TEG¹⁵⁶ se sont également concentrés sur la modernisation des indices boursiers afin d'identifier des pistes pour que ceux-ci intègrent davantage les objectifs de durabilité¹⁵⁷, ceci dans un contexte où la gestion d'actifs pilotée par les indices est en fort développement¹⁵⁸.

Deux types d'indices sont proposés :

- *EU Climate Transition Benchmarks (EU CTBs)* : les actifs sous-jacents sont sélectionnés et pondérés selon que le panier de valeurs s'inscrit dans une trajectoire de décarbonation ;
- *EU Paris-aligned Benchmarks (EU PABs)* : les actifs sous-jacents sont sélectionnés et pondérés selon que les émissions de GES du panier de valeurs sont compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Au-delà du fait que l'usage d'indices ne tend pas, par construction, à inciter les investisseurs qui les utilisent, à une analyse approfondie de la stratégie des entreprises,

155 - Voir « TEG report on EU Taxonomy », TEG (2019)

156 - Voir « Report on Benchmarks » TEG interim report (juin 2019)

157 - Voir Action n°5, « Plan d'action de la Commission européenne » Commission européenne (mars 2018)

158 - La gestion d'actifs, pilotée par des indices, occupe une place de plus en plus centrale sur les marchés financiers. L'accroissement de la demande pour ce mode de gestion est notamment lié à la difficulté des sociétés de gestion d'actifs à surperformer les indices de référence (sectoriels, classe d'actifs, etc.) par une gestion dite « active » ainsi qu'aux coûts faibles et en diminution de la gestion indiciaire.

l'inclusion d'une entreprise dans le panier de valeurs de tels indices ne traduit pas complètement l'ensemble des risques et des opportunités auxquels celle-ci est exposée. Au terme de son analyse de certains indices¹⁵⁹, l'EIOPA conclut¹⁶⁰ :

« 9.40 Based on the evidence available, the analysis performed by EIOPA concludes that there is no meaningful difference in risk profile for sustainable equities compared to other equities. Depending on additional data which may become available, including on brown assets, it may be possible to better differentiate between the risk profiles of assets based on their sustainability characteristics, at a later date. »

B

Acteurs financiers et analyse par scénario, quels enjeux ?

Le besoin de comparer facilement les entreprises (et les stratégies qu'elles affichent) entre elles, conduit la plupart des acteurs financiers à favoriser l'usage de scénarios partagés par toutes les parties prenantes. Paradoxalement, le critère de comparabilité des informations publiées est promu par la TCFD.

Parmi les principes fondamentaux permettant une publication d'informations pertinente, la TCFD inclut le critère de comparabilité inter-organisations et intersectorielle¹⁶¹.

« Principle 5: Disclosures should be comparable among organizations within a sector, industry, or portfolio

- Disclosures should allow for meaningful comparisons of strategy, business activities, risks, and performance across organizations and within sectors and jurisdictions.
- The level of detail provided in disclosures should enable comparison and benchmarking of risks across sectors and at the portfolio level, where appropriate. [...] »

159 - MSCI World Developed ; MSCI World All USD ; MSCI Environmental, Dow Jones Sustainability World

160 - Voir p. 51 « Consultation Paper on an opinion on sustainability within Solvency II », EIOPA (juin 2019)

161 - Voir Annexe 3 du rapport final de la TCFD (2017)

Appliqué à la méthodologie d'analyse par scénario, ce critère pousse, par nature, **le recours à des scénarios énergie-climat largement partagés par les différents utilisateurs** (entreprises financières et non-financières).

Au-delà du besoin par ailleurs bien compréhensible de comparer les acteurs entre eux selon les mêmes critères, l'usage de scénarios largement partagés comporte également **l'avantage d'une simplification supposée du processus d'analyse et au-delà d'une réduction des coûts qu'il engendre**¹⁶². Cet argument de baisse des coûts d'analyse est particulièrement convaincant alors que les sociétés de gestion et les investisseurs institutionnels sont confrontés à une baisse sans précédent des taux obligataires nominaux et réels¹⁶³ et que les moyens mobilisés pour l'analyse des enjeux énergie-climat demeurent limités¹⁶⁴.

Or, l'usage de macro-scénarios partagés conduit, par construction, **à limiter la variété des futurs étudiés** et, dès lors, la portée d'une analyse qui s'appuierait sur de tels scénarios. Cette approche conduit également au **développement d'une vision normative et préemptée**, alors même que le caractère potentiellement chaotique de décarbonation du système économique invite au contraire à l'intelligence prospective.

Pour analyser les enjeux énergie-climat, les acteurs financiers adoptent une approche sectorielle légitime.

Les différentes méthodes d'analyse des enjeux énergie-climat se structurent pour la plupart autour des secteurs d'activités. Cette situation provient notamment du fait que certains d'entre eux sont plus directement exposés que d'autres à de tels enjeux (voir les secteurs exposés identifiés par la TCFD ; partie 9.A.1, p.97).

Alors que l'intégration des enjeux énergie-climat par les secteurs interviendra selon toute vraisemblance à des rythmes différents (le secteur énergétique en première ligne, puis les cinq secteurs identifiés par la TCFD et le reste de l'économie ensuite), **la mobilisation des acteurs financiers s'ajuste, légitimement, en conséquence**. Le positionnement de certains investisseurs institutionnels en

ce qui concerne le financement du secteur du charbon en témoigne¹⁶⁵. Les agences de notation procèdent du même raisonnement en observant les secteurs exposés avec davantage d'attention¹⁶⁶ (voir partie 10.C.1, ci-dessous).

Cet aspect, ainsi que le contexte dans lequel ils opèrent (voir paragraphe précédent), peuvent conduire les acteurs financiers à considérer en premier lieu les secteurs d'activité avant la stratégie individuelle de chaque entreprise, lorsqu'ils évaluent l'exposition d'un portefeuille d'investissement. Ce biais va être renforcé par la mise en œuvre des stress test financiers reposant sur des scénarios climatiques, qui privilégient l'approche sectorielle¹⁶⁷. Une telle logique peut conduire à des politiques de désinvestissement (cf. charbon) sectoriel qui ne prendraient pas en compte les spécificités d'une entreprise.

C

Acteurs financiers et analyse par scénario : état des lieux et tendances

1 Actions des agences de notation financière

Les agences de notation financière ont une approche sectorielle très marquée.

L'analyse du risque crédit d'un émetteur repose en partie¹⁶⁸ sur l'évaluation de son business profile qui couvre l'ensemble des critères non-financiers qui pourraient

162 - Voir le dernier rapport d'évaluation de la TCFD (mai 2019) « Such an approach [the use of standard scenarios] may reduce concerns about releasing confidential business information, reduce scenario analysis costs, and improve transparency and comparability of disclosures ». Voir également le débat au UK sur le sujet « Environmental audit Committee du parlement : Greening Finance: embedding sustainability in financial decision making » - paragraphe 72 (6/06/2018).

163 - Voir « The threat of secular stagnation has not gone away », *Financial Times* (06/05/2018).

164 - Voir « Analyse du risque Climat : méthodologies, acteurs, perspectives », *The Shift Project* (2018).

165 - Voir « Sus au charbon, analyse des politiques d'investissement de l'assurance vie française », *Observatoire 173 Climat-Assurance vie, The Shift Project* (2018).

166 - Voir par exemple « Heat map: 11 sectors with \$2.2 trillion debt have elevated environmental risk exposure », *Moody's* (septembre 2018).

167 - Voir « Life Insurance Stress Test2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions », *PRA* (2019) et « General Insurance Stress Test2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions », *PRA* (2019).

168 - Ces méthodologies prennent en compte des facteurs financiers d'une part (ratios financiers) et des facteurs non-financiers d'autre part (tels que le « Business profile » de l'entreprise, évolution de son secteur d'activité) lorsque ces critères sont jugés « significatifs et pertinents » (i.e. affectent la capacité d'un émetteur à rembourser sa dette dans les délais impartis). Voir « Analyse du risque climat : acteurs, méthodologies et perspectives », *The Shift Project* (2018).

affecter la capacité de cet émetteur à rembourser sa dette. Cette partie de la notation inclut l'étude de l'environnement dans lequel évolue l'émetteur (i.e. les marchés sur lesquels il intervient, les pays dans lesquels il est implanté, le niveau de concurrence, ses avantages compétitifs, etc.). Par construction l'évaluation du business profile comporte une forte dimension sectorielle : l'évaluation de la « santé » d'un secteur affectera, positivement ou négativement, la notation finale de l'émetteur.

Cette approche s'applique à l'évaluation des risques énergie-climat. *Moody's* a ainsi publié plusieurs documents évaluant l'exposition des secteurs d'activité émetteurs de dette obligataire aux risques environnementaux¹⁶⁹ (incluant les risques climat) et identifie onze secteurs comportant des risques très élevés.

Depuis la publication des recommandations de la TCFD qu'elles soutiennent, les principales agences de notation financières ont été en retrait sur les enjeux liés à l'analyse par scénario énergie-climat. Elles ont développé des outils d'évaluation de long terme, disjoints de leur méthodologie de notation du crédit.

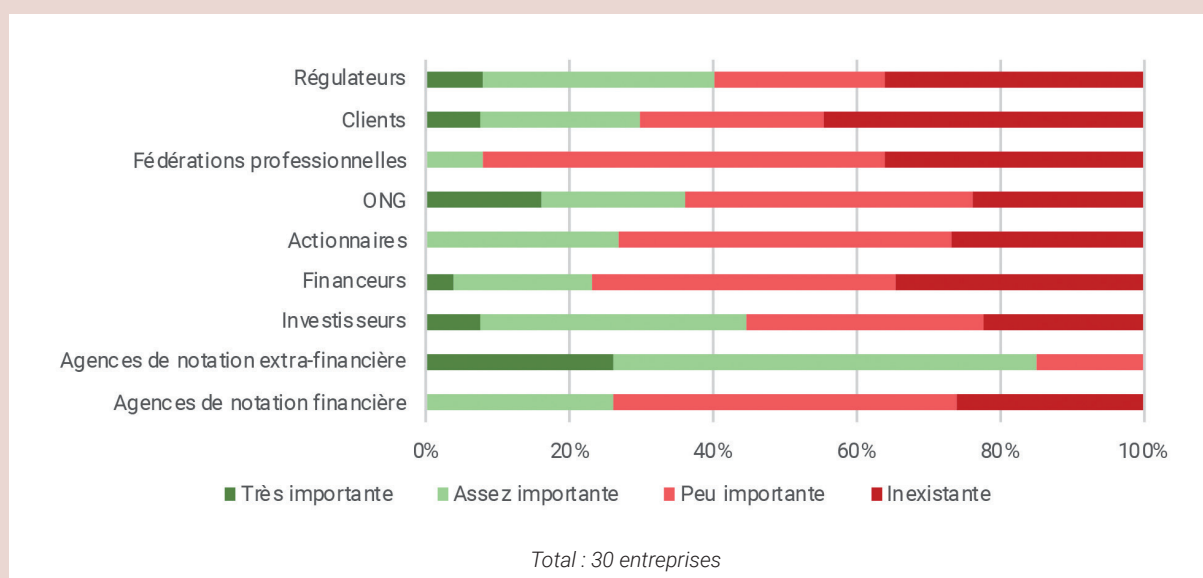
Si les agences de notation ont identifié la possible matérialité du risque climat et ont participé aux travaux de la TCFD, dont elles accueillent favorablement les recommandations, la prise en compte des enjeux énergie-climat dans les méthodologies de notation du crédit demeurent à ce jour limitées¹⁷⁰. Cette situation est principalement liée au décalage estimé entre les horizons d'occurrence du risque crédit et du risque climat.

Encadré 22 : Quels sont les acteurs qui sollicitent les entreprises en matière d'analyse par scénario ?

Un panel d'une trentaine d'entreprises de l'Afep (issues de différents secteurs) a été interrogé dans le cadre de l'étude, sur le niveau de sollicitation perçu de différentes parties-prenantes.

Selon les entreprises interrogées, les sollicitations en provenance des acteurs financiers demeurent à ce jour limitées.

Figure 43 : Pourcentage des entreprises sondées déclarant que les sollicitations de la partie prenante considérée est très importante ; assez importante ; peu importante ou inexistante.



169 - Voir « Heat map: 11 sectors with \$2.2 trillion debt have elevated environmental risk exposure », *Moody's* (2018).

170 - Voir « Analyse du risque climat : acteurs, méthodologies et perspectives », *The Shift Project* (2018). Cet aspect a par ailleurs été identifié par la Commission européenne qui a mandaté, dans son Plan d'action, l'AEMF (Autorité européenne des marchés financiers, ESMA) afin d'évaluer comment les considérations ESG sont prises en comptes par les agences de notation Financière. Voir Action n°6 du Plan d'action de la Commission européenne.

La prise en compte de tels enjeux dépend de la capacité de l'agence à évaluer les performances financières futures d'un émetteur, qui diminue très significativement au-delà de quelques années compte tenu de l'incertitude qui leur est associée.

Ainsi, à ce stade, les informations liées à l'analyse par scénario réalisée par un émetteur, n'auront d'impact sur la notation du crédit que dans la mesure où elles seront considérées significatives et pertinentes (i.e. permettant de caractériser la capacité de l'émetteur à rembourser sa dette dans les délais impartis).

Toutefois, les agences développent des outils, disjoints de leur méthodologie de notation du crédit, qui visent à évaluer à long terme les risques ESG (environnement, social et gouvernance), notamment pour certains à partir de scénarios.

Moody's s'est mis en avant en matière d'analyse des enjeux énergie-climat en publiant en mai 2019, pour consultation, une proposition de cadre d'évaluation des risques de transition pour les secteurs exposés (*Carbon Transition Assessments tool, CTAs*)¹⁷¹ à partir des scénarios de l'AIE (voir Encadré 24, ci-dessous).

S&P Global Ratings a également publié en avril 2019 un document décrivant son outil d'évaluation des enjeux de long terme (*ESG Evaluation*)¹⁷², moins centré sur les enjeux énergie-climat et intégrant d'autres aspects ESG.

Encadré 23 : Moody's Carbon Transition Assessments tool

Plusieurs éléments peuvent être retenus de ce document soumis au marché :

- L'agence rappelle que les CTAs ne sont pas des évaluations du risque crédit et n'affecteront pas la note des émetteurs.
- Les CTAs reposent sur une analyse par scénario qui vise à évaluer comment une entreprise se positionne par rapport à la transition vers une économie bas-carbone.
- Les CTAs incluent plusieurs horizons temporels pour évaluer l'exposition d'une entreprise : court, moyen (<5ans) et long termes (>5 ans). Les risques associés à chaque horizon sont chacun également pondérés.

- Les informations publiées par les entreprises, potentiellement lacunaires pourraient être complétées par les informations sectorielles ou issues de fournisseurs de données,

Un des points d'attention est que l'outil développé par Moody's entérine les scénarios du *World Energy Outlook* publiés par l'AIE¹⁷³ (voir Encadré 16 : Scénarios de l'AIE, p.71). Le scénario NPS est ainsi utilisé pour l'évaluation des risques de moyen terme et le scénario SDS pour les risques de long terme. En outre, aucune analyse critique des scénarios sur lesquels les CTAs reposent en grande partie, n'est formulé.

Ces développements, inégaux, traduisent la volonté des agences de notation de mieux intégrer les enjeux de long-terme dans leurs analyses et de répondre à la demande croissante du marché à ce sujet.

Par ailleurs, si à ce stade de telles approches n'entrent pas dans le processus de notation du crédit, **cette situation pourrait évoluer à l'avenir**. Cependant, la réglementation européenne, qui fixe le cadre général méthodologique conceptuel des agences de notation, ralentit un tel processus, notamment en ce qui concerne les recommandations de « *back-testing* »¹⁷⁴ (évaluation rétrospective) des méthodologies de notation du crédit : comme la transition vers une économie bas-carbone est un événement sans précédent (i.e. les données historiques sont inexistantes), toute évaluation rétrospective est impossible. Cet aspect réglementaire est un des facteurs limitant l'usage d'analyse par scénario par les agences dans leur méthodologie de notation du crédit.

Enfin, compte tenu de l'influence méthodologique exercée par les agences de notation en matière d'analyse de risque, l'usage d'un jeu unique de scénarios (par exemple les scénarios de l'AIE) pourrait se répandre à d'autres acteurs financiers (investisseurs, gestionnaire d'actifs,

173 - *Ibid.* « In order to score all sectors on the basis of a consistent global environmental outcome, we propose to base our long-term analysis around a more rapid carbon transition, such as that outlined in the International Energy Agency's Sustainable Development Scenario (SDS). The SDS reflects a widely accepted emissions trajectory consistent with a 50% probability of limiting the average global temperature increase to two degrees Celsius. »

174 - Voir « Regulation (EC) n°1060/2009 of the European parliament and of the council of 16 September 2009 on credit rating agencies », Commission européenne (2009) : « (23) Credit rating agencies should use rating methodologies that are rigorous, systematic, continuous and subject to validation including by appropriate historical experience and back-testing. Such a requirement should not, however, provide grounds for interference with the content of credit ratings and methodologies by the competent authorities and the Member States. (...) »

171 - Voir « Proposed framework to assess carbon risks for high-risk corporate sectors », Moody's (2019)

172 - Voir « Environmental, Social, And Governance Evaluation Analytical Approach », S&P Global Rating (2019)

etc.), à rebours des principes mêmes sur lesquels reposent l'analyse par scénario.

2 Actions des investisseurs institutionnels

Le risque de transition n'apparaît pas financièrement matériel pour les principaux investisseurs institutionnels et s'apparente essentiellement à un risque de réputation.

Au sein du secteur financier, la prise de conscience de la gravité et du caractère systémique du risque climat est de plus en plus forte, comme en témoignent un nombre croissant des rapports sur le sujet¹⁷⁵. La matérialité – à terme – des risques climatiques physiques est par ailleurs un sujet dorénavant largement partagé¹⁷⁶. Cependant, le risque climat pour un investisseur institutionnel en 2019 devrait se manifester essentiellement sous la forme de risque de transition (voir partie 3.A.2, p.18).

Pour autant, la prise en compte effective de ce risque, c'est-à-dire la mise en œuvre de politiques et de mesures destinées à le prévenir concrètement, semble à ce jour limitée. C'est notamment ce que montre l'analyse des rapports de solvabilité (RSSF), publiés en 2019, de dix des douze principales compagnies d'assurance vie françaises, lesquelles représentent trois-quarts des 1700 milliards d'euros d'épargne en assurance vie des Français¹⁷⁷.

Les équipes d'experts en charge des risques au sein de ces organisations apparaissent confrontés à plusieurs défis en ce qui concerne le risque climat :

- les progrès limités à ce jour en matière de transition énergétique en France comme dans le Monde, limitant la matérialité du risque de transition ;
- une prise de conscience de la complexité du sujet, trois ans après la mise en œuvre de l'Article 173, ou du lancement de la TCFD ;
- les difficultés des Etats et des régulateurs pour montrer la voie dont ils constatent qu'elle est semée d'embûches ;

175 - La plupart de ces études sont disponibles sur le « TCFD Knowledge Hub ».
176 - Voir « Getting started on Physical climate risk analysis in finance - Available approaches and the way forward », IACE (2018).

177 - Voir « Deux sons de cloches sur la matérialité du risque climat dans l'assurance vie française », Observatoire 173 Climat-Assurance vie, The Shift Project (2019)

Cette analyse conclut notamment que les experts du risques n'identifient pas de matérialité dans le présent au risque de transition. Ce risque ne semble ainsi ni relever du domaine du risque financier (par dépréciation d'investissement liés à la transition bas-carbone) alors que les « *stranded assets* » n'existent pas. Il ne semble pas non plus être du ressort de l'éthique¹⁷⁸ (l'exclusion des investissements dans la filière du charbon thermique va dans ce sens, mais avec une portée qui reste très limitée).

Ce risque de transition, en l'absence de matérialité, s'apparente aujourd'hui essentiellement à un risque de réputation (un des trois risques évoqué par Mark Carney dans son discours au Lloyd's de Londres en 2015), notamment dans un contexte où de plus en plus d'institutions financières subissent une pression de plus en plus importante en provenance d'acteurs de la société civile (ONG, activistes, etc.) via les médias et les réseaux sociaux¹⁷⁹.

Plusieurs méthodes d'analyse par scénario destinées aux investisseurs sont développées en interne ou en externe. La tendance est au développement de méthodes standardisées externes. Pour cela, les investisseurs manifestent un besoin d'information de la part des entreprises dans lesquelles ils investissent.

Les investisseurs sont à la fois utilisateurs et émetteurs d'informations relatives aux enjeux énergie-climat. Compte tenu de la taille et de la diversification de leurs portefeuilles, la réalisation d'une analyse par scénario peut présenter certaines difficultés méthodologiques et requérir une expertise et des ressources non négligeables, alors même que le contexte de marché (taux faibles, baisse des coûts de gestion, développement de la gestion passive) limite la disponibilité de telles ressources.

Il existe aujourd'hui plusieurs méthodologies externes (i.e. développées par des cabinets spécialisés) d'analyse des enjeux énergie-climat à partir de scénarios, destinées aux investisseurs. Elles sont d'ores et déjà utilisées, mais nécessitent encore des efforts de développement. Les principales sont analysées dans le rapport de l'UNEP FI,

178 - Voir « Sus au charbon, analyse des politiques d'investissement de l'assurance vie française », Observatoire 173 Climat-Assurance vie, The Shift Project (2018).

179 - Voir par exemple les publications de l'ONG Oxfam sur le financement par les banques des énergies fossiles. « Comment les banques françaises financent les énergies fossiles », Oxfam (2018).

publié en mai 2019¹⁸⁰. Certains investisseurs développent leur propre outil.

Ces méthodologies s'appuient généralement sur des scénarios énergie-climat publics (voir chapitre 8, p.49) - le plus souvent ceux publiés par l'AIE (*WEO 2018 et ETP 2017*) - pour évaluer les risques de transition. Pour l'évaluation des risques physiques, les scénarios climatiques (*RCPs*, voir partie 8.A, p.55) sont utilisés.

Pour utiliser ces méthodologies et poursuivre leur développement, les investisseurs manifestent le besoin de davantage d'informations de la part des entreprises dans lesquelles ils investissent, particulièrement en ce qui

concerne leur exposition aux risques climat et leur capacité à s'adapter. L'évaluation de ce besoin d'information fait l'objet d'une étude en cours de réalisation du think tank I4CE¹⁸¹.

Dans certains pays, notamment européens (Royaume-Uni, France, Pays-Bas, etc.), les régulateurs mettent progressivement en place des « stress tests climat » pour les investisseurs visant à mesurer la résilience de leur portefeuille selon plusieurs scénarios (voir partie 10.A, p.111). Outre les démarches de la Banque de France au sein du NGFS, on notera en France que le législateur s'empare également du sujet dans le cadre de la Loi énergie-climat de 2019¹⁸².

180 - Voir « *Changing course : A comprehensive investor guide to scenario-based methods for climate risk assessment, in response to the TCFD* », UNEP FI (2019). On pourra également consulter le site web du réseau Principles for responsible investment (PRI) qui liste l'ensemble des méthodes d'analyse par scénario pour les investisseurs.

181 - Voir « *Re-imagining Disclosure for companies and their 2°C strategy* » sur le site web de I4CE.

182 - Sans préjuger de l'avenir de ce texte législatif, en discussion, on remarquera l'amendement voté au Sénat en juillet 2019 qui évoque les stress tests et scénarios climatiques pour le secteur financier, et demande à ce que soit exploré plus précisément le scénario suivant : « [...] une hausse durable et soutenue des prix du pétrole résultant d'une contrainte mondiale d'approvisionnement liée à un désinvestissement massif dans l'exploration et la production de pétrole ». Voir le site web du Sénat pour le texte de l'amendement complet http://www.senat.fr/enseignement/2018-2019/658/Amdt_457.html

Encadré 24 : CDP et l'analyse par scénario

Le *questionnaire Climate Change* de CDP a récemment évolué pour intégrer les recommandations de la TCFD, notamment pour les secteurs exposés identifiés (voir partie 9.A.1, p.97). Plusieurs indications destinées aux entreprises qui répondent au questionnaire sont disponibles dans le guide de réponse et dans une note technique disponible¹⁸³ sur le site web de CDP.

Lorsqu'une entreprise répond à la question 3.1 (et aux sous-questions induites), CDP indique porter une attention particulière aux éléments suivants :

- l'entreprise réalise-t-elle une analyse par scénario pour évaluer ses risques et opportunités liés au climat ?
- Cela s'applique-t-il au risque de transition et/ou au risque physique ?
- Quels scénarios sont-ils utilisés (scénarios publics, variations dérivées des scénarios publics ou scénarios internes) ? Ces scénarios sont-ils adaptés à l'entreprise / son secteur / ses zones géographiques d'opération ?
- l'entreprise est-elle transparente sur son usage de scénarios (utilisation des résultats, intégration dans ses processus internes, etc.) et sur les scénarios qu'elle utilise (paramètres, hypothèses, horizon de temps, etc.) ?

CDP considère que chaque entreprise doit utiliser des scénarios adaptés à son niveau d'exposition au risque climat. Toutefois, CDP reconnaît par ailleurs la comparabilité des informations publiées par les entreprises est un enjeu critique. Dans cette perspective, CDP considère que l'usage d'au moins un scénario commun (qui reste à identifier alors qu'aucun consensus n'a, à ce jour, été identifié) par les entreprises, faciliterait la comparaison de leur stratégie entre elles.

La participation à l'iSBT (voir partie 9.C.3, p.104) est un critère important dans la note obtenue par une entreprise au *questionnaire Climate Change*¹⁸⁴. La participation à l'initiative ACT (co-développée avec l'Ademe, voir partie 10.C.4, p.107) pourrait également, à terme, devenir un critère également important.

Enfin, CDP conduit un projet soutenu par Climate-KIC¹⁸⁵ visant à favoriser l'analyse par scénario dans les entreprises et les bonnes pratiques de publication d'informations.

NB : les informations ci-dessous sont issues de la documentation disponible sur le site web de CDP et d'un entretien réalisé avec le directeur technique de CDP.

183 - Voir « CDP Technical Note on Scenario Analysis », CDP (2017)

184 - Voir « CDP Technical note on science-based targets », CDP (2019) : « Science-based targets will be scored in questions C4.1a and C4.1b for 1) Disclosure and Awareness level points, 2) Management points and 3) Leadership points. All companies, regardless of sector, are eligible to earn full points in each level of scoring. »

185 - Voir « Re-imagining Disclosure for companies and their 2°C strategy ».

Nous remercions chaleureusement l'ensemble de nos interlocuteurs pour leur accueil et la qualité des informations qu'ils nous ont transmises.

A. Entreprises membres du comité de pilotage

Alstom	Camille ROZANES	Sustainability Manager
	Cécile TEXIER	Sustainability & CSR Director
Axa	Sylvain VANSTON	Corporate Responsibility
Bouygues	Fabrice BONNIFET	Directeur Central, Développement Durable, Qualité, Sécurité Environnement
	Thomas FARFAL	Coordinateur RSE Groupe
CGG	Isabelle LAMBERT	Environment, Sustainable Development and Social Responsibility VP
	Jean-François ROUDAUT	ERM Director
Generali France	Jean-Louis CHARLUTEAU	Directeur - Réassurance et Risques Naturels - Pilotage projets techniques
	François GARREAU	Responsable de la mission RSE auprès du COMEX et Président de la Commission développement durable FFSA
	Julien HAMY	Manager de Service Actuariat
LVMH	Sylvie BENARD	Directrice de l'environnement
	Chloé CIBULKA	Responsable Environnement Boutiques et Sites de Production
Michelin	Jennifer BRAVINDER	Développement Durable
	Gaël QUEINNEC	Director of Prospective Research
Schneider Electric	Aurélien JARDIN	Responsable des Relations Institutionnelles France
	Frédéric PINGLOT	Sustainability Consultant
	Gilles VERMOT-DESROCHES	Directeur Développement Durable
Société Générale	Patrice FROISSART	Responsable des Etudes Industrielles et Sectorielles
	François LETONDU	Responsable de l'Analyse Macrosectorielle et Macrofinancière RISQ/ETU/MSF
	Emmanuel MARTINEZ	Chief environment economist
Sodexo	Laurent AUZANNEAU	CEO engineering & construction project worldwide
	Alina CAZACU	Corporate Responsibility Performance and Metrics Manager
	Anna PETRINI	Environmental Analyst
Suez	Jean-Pierre MAUGENDRE	Directeur Projet Développement Durable
	Hélène VALADE	Directeur du Développement Durable
Thales	Sophie LE PENNEC	VP santé Sécurité Environnement
	Raphaëlle TISSOT	Chargée de Mission Environnement
Unibail-Rodamco-Westfield	Clément JEANNIN	Directeur du Développement Durable
	Julie VILLET	Director of URW LAB & CSR
Vallourec	Jean-Louis MERVEILLE	Directeur du Développement Durable
Véolia	Alice PEYRARD	Directeur Engagement Climat - Direction du Développement Durable

B. Autres entreprises membres de l'Afep rencontrées

Air Liquide	Vincent MAGES	Directeur adjoint Affaires Européennes et Internationales
	David MENESES	Group VP Sustainability
Esso SAF	Gildas GUILLOSSEAU	Directeur des relations institutionnelles
	Benoit de SAINT SERNIN	Public Affairs Manager
Orange	Jean-Manuel CANET	Senior Manager Environmental Projects
	Philippe TUZZOLINO	Directeur Environnement
Plastic Omnium	Benjamin DUCLOS	Corporate Social Responsibility & HSE Group VP
Saint Gobain	Emmanuel NORMANT	Directeur développement durable
Solvay	Pascal CHALVON	Chief sustainability & energy officer
	Philippe CHAUVEAU	Head of Climate Strategy Sustainable Development & Energy
Total	Patrick de DECKER	Senior Climate Advisor
	Bertrand JANUS	Investor Relations - CSR reporting manager
Axens*	Eric BENAZI	VP Marketing & External Communication
	Sebastien FRAYSSE	Strategic Marketing Manager

C. Parties prenantes de l'analyse par scénario rencontrées

ADEME	Edouard FOURDRIN	Chef de projet "Climat"
	Romain POIVET	Chef de projet "Climat"
CIREC	Christophe CASSEN	Scientific Coordinator
	Céline GUIVARCH	Economiste, directrice de recherche (Ecole des ponts) et membre du HCC
Futuribles	François de JOUVENEL	Directeur
I4CE	Michel CARDONA	Conseiller Senior - Secteur financier, Risques et Changement climatique
	Aurore COLIN	Chargée de recherche - Territoires et climat
	Romain HUBERT	Chargé de recherche - Finance, investissement et climat
	Charlotte VAILLES	Chef de projet - Industrie, énergie et climat
IDDRI	Henri WAISMAN	Programme Climat - Coordinateur de l'initiative DDP
IEA	Timothy GOODSON	Energy analyst
	Christophe Mc GLADE	WEO senior analyst
	Laszlo VARRO	Chief Economist
IFPEN	Emmanuel HACHE	Economiste directeur de recherche
	Gondia SECK	Senior energy system analyst
	Marine SIMOEN	ingénieur économiste
IRENA	Nicholas WAGNER	Programme Officer – Renewable Energy Roadmaps, Remap
PBL	Mariësse van SLUISVELD	Researcher
PIK	Christoph BERTRAM	International Climate Policy Analysis Leader
WWF (iSBT)	Alexander FARSAN	Coordinateur de l'iSBT
	Aurélié PONTAL	Partnership manager

* Axens n'est pas une entreprise membre de l'Afep

D. Acteurs financiers rencontrés

AXA AM	Lise MORET	Head of Climate Strategy - Responsible Investment
Banque de France	Guillaume RICHET	Green finance expert
CDP	Laurent BABIKIAN	Director Investor Engagement Europe
	Steven TEEBE	Managing Director Europe
FFA	Pauline BECQUEY	Responsable développement durable
	Aurora GAUFFRE	Responsable des investissements
Mirova	Ladislav SMIA	Co-head of Responsible Investment Research
Moody's Investors Services	Yasmina SERGHINI	Associate managing director, chair of Moody's ESG working group in EMEA
S&P Global Ratings	Noémie de la GORCE	Associate, sustainable finance, corporate & infrastructure ratings
	Mike WILKINS	Managing director, Head of sustainable finance

Cette section présente, par indicateur, la méthodologie de construction des séries de données historiques utilisées dans le rapport, notamment la partie 8.

Population

- Population mondiale de 1950 à 2017 : UN DESA World Population prospects 2019

PIB

- PIB mondial de 1950 à 1980 : Maddison project (exprimé en taux de change simples (MER))
- PIB mondial de 1981 à 2017 : IMF World Economic outlook 2018, Gross domestic product, constant prices -Percent change (market exchange rates)
- PIB mondial en 2017 en USD2010 (MER) : Banque Mondiale.

La valeur du PIB mondial utilisée comme référence est celle issue de la Banque Mondiale en 2017 (exprimée en MER) : 80 078 Milliards de USD2010.

La série complète (1950-2017) est reconstruite à partir de cette référence en appliquant les taux de variation annuels issus des deux séries précédentes.

Energie primaire

- Production mondiale d'énergie primaire de 1950 à 1965 : Etemad & Luciani (1991)
- Production mondiale d'énergie primaire de 1966 à 2017 : BP Statistical review 2018

La valeur de production mondiale d'énergie primaire utilisée comme référence est celle issue du BP statistical review 2018 en 2017 : 13 511 Million de tonnes équivalent pétrole (Mtep).

La série complète (1950-2017) est reconstruite à partir de cette référence en appliquant les taux de variation annuels issus des deux séries précédentes.

Emissions de CO₂

- Emissions de CO₂ de 1950 à 2017 : Global Carbon budget

PIB par habitant

La série est construite en divisant le PIB mondial par la population pour chaque année entre 1950 et 2017. Les valeurs sont exprimées en USD2010 par habitant.

Intensité énergétique du PIB

La série est construite en divisant la production d'énergie primaire mondiale par le PIB mondial pour chaque année entre 1950 et 2017. Les valeurs sont exprimées en Mtep/USD2010.

Intensité carbone de l'énergie primaire produite

La série est construite en divisant les émissions de CO₂ (hors UTFC) par la production d'énergie primaire mondiale pour chaque année entre 1950 et 2017. Les valeurs sont exprimées en tCO₂/Mtep.

MtCO₂	Million de tonnes de CO ₂
GtCO₂	Milliard de tonnes équivalent pétrole
Mtep	Million de tonnes équivalent pétrole
Mbpj	Million de barils par jour
2DS	2°C scenario
ACT	Assessing Carbon Transition
AFEP	Association française des entreprises privées
B2DS	Beyond 2°C scenario
BECCS	Bioenergy with carbon capture and storage
BoE	Bank of England
BP	British Petroleum
CCS	Carbon Capture and Storage (captage et stockage de CO ₂)
CDP	Carbon Disclosure Project
CDSB	Climate disclosure Standard Board
CEO	Chief Executive Officer
CMs	Climate modelings
COMEX	Comité exécutif
CPS	Current Policy Scenario
CRD	Corporate Reporting Dialogue
EBC	Energy Business Council
EFRAG	European Financial Reporting Advisory Group
EIA	Energy Information Administration
EnR	Énergies renouvelables
ETF	Exchange-traded funds
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
ETP	Energy Technology Perspectives
GEIR	Global Energy Investment Report
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais, Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)
GRI	Global Reporting Initiative
I4CE	Institute for Climate Economics
IAVs	Impacts, adaptation et vulnérabilité
IAMC	Integrated Assessment Modelling Consortium
ICMM	International Council on Mining and Metals
IEA	International Energy Agency (en français, Agence internationale de l'énergie – AIE)
IDDRI	Institut pour le Développement Durable et les Relations Internationales
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis (en français, Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués)
IIRC	International Integrated Reporting Council
IMF	International Monetary Fund (en français, Fond Monétaire International – FMI)

IRENA	Agence Internationale des Énergies Renouvelables
iSBT	initiative Science Based Targets
MDPB	Million dollar per baril
MER	Market exchange rate
MiCA	Mining Climate Assessment
Mtep	Million de tonnes équivalent pétrole
NBGs	Non-Binding Guidelines
NDCs	Nationally determined contributions (Contribution prévue déterminée au niveau national, CPDN en français)
NFRD	Non-Financial Reporting Directive
NGFS	Network for Greening the Financial System (Autorité de contrôle prudentiel et de résolution)
NIES	National Institute for Environmental Studies
NPS	New Policy Scenario
ODCE	Office of the Director of Corporate Enforcement
ONU	Organisation des Nations Unies
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
PBL	Problem-based learning
PIB	Produit intérieur brut
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory
PPA	Parité de Pouvoir d'Achat
PRA	Autorité de régulation prudentielle britannique
RCPs	Representative Concentration Pathways
RTS	Reference Technology Scenario
S&P	Standard & Poors
SASB	Sustainability Accounting Standards Board
SDA	Sectoral Decarbonization Approach
SDS	Sustainable Development Scenario
SNBC	Stratégie Nationale Bas-Carbone
SPAs	Shared Political Assumptions
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
SSPs	Shared Socio-economic Pathways
TCFD	Taskforce on Climate-related Financial Disclosures
TEG	Technical expert group on sustainable finance
TEP	Tonne équivalent pétrole
UN DESA	United Nations Department of Economic and Social Affairs
UTCF	Utilisation des terres, leurs changements et la forêt
WEC	World Energy Council (en français, Conseil mondial de l'énergie)
WEF	World Economic Forum
WEO	World Energy Outlook
WPP	World population prospects

A. Bibliographie générale

ACPR (2019). Les groupes bancaires français face au risque climatique, Analyse et synthèses n°101-2019. [En ligne] (consulté le 01/09/2019) https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/as_101_risque_climatique_banques_fr.pdf

ACPR (2019). Les assureurs français face au risque de changement climatique, Analyse et synthèses n°102-2019. [En ligne] (consulté le 01/09/2019) https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/as_102_risque_climatique_assurances_fr.pdf

ADEME (2010). Les effets rebond des mesures d'efficacité énergétique : comment les atténuer ? ADEME&VOUS N° 24 - 5 mai 2010.

ADEME et CDP. Assessing low Carbon Transition. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <http://actproject.net/>

BASF (2018). BASF Report 2018 : Economic, environmental and social performance. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) http://report.basf.com/2018/en/servicepages/downloads/files/BASF_Report_2018.pdf

Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F., & Visentin, G. (2017). A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7(4), 283.

Beyond Ratings (2019). The material scenario of potential carbon border taxes. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://beyond-ratings.com/publications/the-material-scenario-of-potential-carbon-border-taxes/>

Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, 9(1), 5-25.

Bootz, J. Monti, R. (2008). Proposition d'une typologie des démarches de prospective participative pour les entreprises. Trois cas illustratifs : EDF R&D, AXA France et BASF Agro. *Management & Avenir*, 19(5), 114-131.

Bouleau, N. (2013). Prix Mondiaux futurs des ressources épuisables (05/07/2013) [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <http://www.nicolasbouleau.eu/prix-futurs/>

BP statistical review 2018 (2018). [en ligne], (données extraites le 20/06/2019). <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Caldara, D., Cavallo, M., et Iacoviello, M. (2016). Oil price elasticities and oil price fluctuations. *international finance discussion papers* 1173.

Carney, M. (2015). « Breaking the Tragedy of the Horizon – climate change and financial stability », Speech given by Mark Carney, Governor of the Bank of England, Chairman of the Financial Stability Board, Lloyd's of London, 29 September 2015

CDP (2017). CDP Technical Note on Scenario Analysis. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/guidance_docs/pdfs/000/001/430/original/CDP-technical-note-scenario-analysis.pdf?1512736385

CDP (2019). CDP Technical note on science-based targets. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/guidance_docs/pdfs/000/000/386/original/CDP-technical-note-science-based-targets.pdf?1489587578

CDSB, SASB (2019). « TCFD Implementation Guide, Using SASB Standards and the CDSB Framework to Enhance Climate-Related Financial Disclosures In Mainstream Reporting »

Centre d'étude et de prospective stratégiques. [en ligne] (consulté 01/09/2019). <http://www.ceps-oiing.org/prospective-strat%C3%A9gique>

Climate Disclosure Standards Board. About CDSB [en ligne]. (consulté le 01/09/2019). <https://www.cdsb.net/our-story>

- Conseil d'analyse économique (2018). Avis de tempête sur le commerce international : quelle stratégie pour l'Europe ?. Les notes du conseil d'analyse économique, n° 46, juillet 2018. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <http://www.cae-eco.fr/IMG/pdf/cae-note046.pdf>
- Corporate Reporting Dialogue. Better Alignment Project [en ligne]. (consulté le 01/09/2019). <https://corporatereportingdialogue.com/better-alignment-project/>
- DATAR (1971). Scénario de l'inacceptable, une image de la France en l'an 2000. La documentation française.
- EIOPA (2019). Consultation Paper on an opinion on sustainability within Solvency II. [En ligne]. (consulté le 01/09/2019). https://eiopa.europa.eu/Publications/Consultations/EIOPA-BoS-19-241_Consultation_Paper_on_an_opinion_%20on_sustainability_in_Solvency_II.pdf
- Entreprendre.fr. Hermès : les secrets d'un géant du luxe. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.entreprendre.fr/hermes-les-secrets-dun-geant-du-luxe/>
- Etemad, B and Luciani, J (1991). World Energy Production 1800 – 1985, ISBN 2-600-56007-6, Data digitalized and published with agreement of B. Etemad on TSP dataportal [en ligne], (données extraites le 20/06/2019). <http://www.tsp-data-portal.org/>
- EU Technical expert group on sustainable finance (2019). Report on climate-related Disclosures. [en ligne] (consulté le 01/09/2019).
- EU Technical expert group on sustainable finance (2019). Interim Report on Benchmarks. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-climate-benchmarks-and-disclosures_en.pdf
- EU Technical expert group on sustainable finance (2019). Technical report on Taxonomy. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf
- European Commission (2009). Regulation (EC) n°1060/2009 of the European parliament and of the council of 16 September 2009 on credit rating agencies. Journal officiel de l'Union européenne. [en ligne], (consulté le 01/09/2019). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:302:0001:0031:EN:PDF>
- European Commission (2017). Guidelines on non-financial reporting (methodology for reporting non-financial information) (2017/C 215/01). Journal officiel de l'Union européenne. [en ligne], (consulté le 01/09/2019). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/%20PDF/?uri=CELEX:52017XC0705\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/%20PDF/?uri=CELEX:52017XC0705(01)&from=EN)
- European Commission (2018). Plan d'action de la Commission européenne pour une finance durable, (8/03/2018), Bruxelles (BEL) [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0097&from=EN>
- European Commission (2019). Guidelines on non-financial reporting: Supplement on reporting climate-related information". (2019/C 209/01). Journal officiel de l'Union européenne. [en ligne], (consulté le 01/09/2019). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019XC0620\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019XC0620(01))
- European Commission (2019). Consultation document on the update of the non-binding guidelines on non-financial reporting [en ligne], (consulté le 01/09/2019) https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/2019-non-financial-reporting-guidelines-consultation-document_en.pdf
- European Commission (2019) Summary Report of the Targeted Consultation on the Update of the Non-Binding Guidelines on Non-Financial Reporting Financial Reporting (20 February – 20 March 2019) [en ligne], (consulté le 01/09/2019). https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/2019-non-financial-reporting-guidelines-feedback-statement_en.pdf
- ExxonMobil (2019). 2019 Energy & Carbon summary [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/energy-and-environment/2018-energy-and-carbon-summary.pdf>

- Fawcett, N., and Price, S. (2012). World Oil Demand in the short and long run : a cross-country panel analysis", Bank of England and City University.
- Futuribles. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.futuribles.com/fr/qui-sommes-nous/>
- G8 (2005). Official Documents: Gleneagles Summit July 6-8, 2005. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <http://www.g8.utoronto.ca/summit/2005gleneagles/index.html>
- Generali (2017) Intégration des critères ESG et climat dans la politique d'investissement 2017 [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://institutionnel.generali.fr/sites/default/files/rapport_art_173_2017.pdf
- Godet, M. et Durance, P. (2011) La prospective stratégique pour les entreprises et territoires. Paris : Dunod 150p.
- Guivarch, C., Rozenberg, J. (2013). Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique. Pollution Atmosphérique : climat, santé, société, Le Kremlin Bicêtre : Revue Pollution atmosphérique, 2013, Numéro Spécial Climat, pp.1-9.
- Hache, E. et al (2019). Vers une géopolitique de l'énergie plus complexe ? Revue internationale et stratégique, vol. 113, no. 1, 2019, pp. 71-81.
- Hayward, L. (2015). Barclays: \$22 trillion in oil revenue at risk from COP-21 negotiations. The Fuse [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <http://energyfuse.org/barclays-22-trillion-in-oil-revenue-at-risk-from-cop-21-negotiations/>
- Hallegate, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. Global Environmental Change 19 (2009) 240–247.
- Hugot, J. et Dajud C. U. (2018). Les nouvelles routes polaires changeront peu la géographie du commerce mondial. La lettre du CEPPII N°392, October 2018, CEPPII.
- I4CE (2018). Getting started on Physical climate risk analysis in finance - Available approaches and the way forward. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2018/12/I4CE-ClimINVEST_2018_Getting-started-on-physical-climate-risk-analysis.pdf
- I4CE (2019). Very few companies make good use of scenarios to anticipate their climate-constrained future. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2019/02/Very-few-companies-make-good-use-of-scenarios-to-anticipate-their-climate-constrained-future.pdf>
- I4CE. Re-imagining Disclosure for companies and their 2°C strategy. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.i4ce.org/go_project/re-imagining-disclosure-for-companies-and-their-2c-strategy-2/
- IHS Markit. (2017). Climate-Related Financial Risk and the Oil and Gas Sector. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.eenews.net/assets/2017/05/17/document_cw_01.pdf
- IEA (2017). Energy Technology Perspectives, Paris : Éditions OCDE, Paris/AIE.
- IEA (2018). World Energy Outlook 2018, Paris : Éditions OCDE, Paris/AIE.
- IEA (2018). World Energy Model [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.iea.org/weo/weomodel/>
- IEA. Carbon capture, utilisation and storage, A critical tool in the climate energy toolbox [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-and-storage/>
- IEA. Statistics, Global energy data at your fingertips [en ligne] (données extraites le 20 juin 2019). <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Energy%20supply&indicator=OilProd&mode=chart&dataTable=INDICATORS>
- IEA. Statistics, Global energy data at your fingertips » (données extraites le 20 juin 2019). <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Energy%20supply&indicator=OilProd&mode=chart&dataTable=OIL>
- IEA. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.iea.org/about/structure/>

IFPEN et Ademe (2018). « Quelle criticité du lithium dans un contexte d'électrification du parc automobile mondial ? » IFPEN [en ligne] (consulté le XX/XX/XX) <http://www.panorama-ifpen.fr/criticite-du-lithium/>

IMF World Economic Outlook reports and database (2019). World Economic Outlook, April 2019 Growth Slowdown, Precarious Recovery [en ligne] (consulté le 01/09/2019) (données extraites le 20/06/2019) <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2019/03/28/world-economic-outlook-april-2019#Full%20Report%20and%20Executive%20Summary> <https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>

IPCC (2000). Special report on Emissions scenarios. Cambridge university press, 608p.

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 [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2018). 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, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press.

IPCC RCP Database (version 2.0). [en ligne] (données extraites le 20 juin 2019). <https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>

Jean, S., Martin, P., Sapir, A. (2018). Avis de tempête sur le commerce international : quelle stratégie pour l'Europe ? Les notes du conseil d'analyse économique, n° 46 (juillet 2018)

Kaya Y. (1990). Impact of carbon dioxide emission control on GNP Growth: interpretation of proposed scenarios. In: Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group. Paris, France.

Le Quéré, C. et. al (2018). Global carbon budget 2018. *Earth System Science Data*, 10(4), 2141-2194.

Lepetit, M. (2018). Méthodologie d'analyse des scénarios utilisés pour l'évaluation des risques liés au climat par une approche paradigmatique PIB-Pétrole. Chaire énergie & prospérité. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/methodologie-danalyse-scenarios-utilises-levaluation-risques-lies-climat-approche-paradigmatique-pib-petrole/>

Lepetit, M. (2018). Sus au charbon, analyse des politiques d'investissement de l'assurance vie française », Observatoire 173 Climat-Assurance vie. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/10/2018-11-27_Sus-au-charbon_Observatoire-173-Climat-Assurance-Vie_The-Shift-Project_V2.pdf

Lepetit, M. (2019). « Deux sons de cloches sur la matérialité du « risque climat » dans l'assurance vie française », Observatoire 173 Climat-Assurance vie. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-07_Observatoire-173_Deux-sons-de-cloche-sur-la-mat%C3%A9rialit%C3%A9-du-risque-climat_The-Shift-Project.pdf

Maddison Project Database, version 2013. Bolt, J. and J. L. van Zanden (2014). The Maddison Project: collaborative research on historical national accounts. [En ligne], (données extraites le 20/06/2019)

Martin, W. (2019) « Europe's mightiest river is drying up, most likely causing a recession in Germany. Yes, really » Business Insider France (22/01/2019)

Mietzner, D., & Reger, G. (2005). Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight. *International Journal Technology Intelligence and Planning*, 1(2), 220-239.

Moodys (2017). Evaluating the impact of climate change on US state and local issuers [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <http://www.southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2017/12/Evaluating-the-impact-of-climate-change-on-US-state-and-local-issuers-11-28-17.pdf>

Moody's (2018). Heat map: 11 sectors with \$2.2 trillion debt have elevated environmental risk exposure. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.moodys.com/research/Moodys-Eleven-sectors-with-22-trillion-of-debt-have-elevated--PR_389299

- Moody's (2019). Proposed framework to assess carbon risks for high-risk corporate sectors. en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.moody.com/researchdocumentcontentpage.aspx?docid=PBC_1147814
- NGFS (2019). A call for action Climate change as a source of financial risk. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.banque-france.fr/sites/default/files/media/2019/04/17/ngfs_first_comprehensive_report_-_17042019_0.pdf
- O'Neill et al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42 (2017) 169–180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- OCDE (2014). Long-term baseline projections, No. 95 (Edition 2014) OECD Economic Outlook: Statistics and Projections (base de données), <https://doi.org/10.1787/data-00690-en> (données extraites le 20 juin 2019).
- OCDE (2018). The long view: scenarios for the world economy to 2060, OECD economic policy paper, July 2018 No. 22. [en ligne]. (consulté le 01/09/2019). <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/b4f4e03e-en.pdf?expires=1564066951&id=id&accname=guest&checksum=6BE5A41FDD78B72BE7F3AB416CC8F332>
- Oil Change International (2018). Off track, How the International Energy Agency guides energy decisions towards fossil fuel dependence and climate change [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <http://priceofoil.org/content/uploads/2018/04/OFF-TRACK-the-IEA-Climate-Change.pdf>
- Oxfam (2018). Comment les banques françaises financent les énergies fossiles. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.oxfamfrance.org/climat-et-energie/comment-les-banques-francaises-finacent-les-energies-fossiles/>
- Présidence de la République française (2017). Initiative pour l'Europe - Discours d'Emmanuel Macron pour une Europe souveraine, unie, démocratique. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2017/09/26/initiative-pour-l-europe-discours-d-emmanuel-macron-pour-une-europe-souveraine-unie-democratique>
- PRI. Directory of climate scenario tools and table of reference climate scenarios [en ligne] (consultée le 01/09/2019). <https://www.unpri.org/climate-change/climate-scenario-analysis-/3606.article>
- Prudential Regulation Authority (2019). Enhancing banks' and insurers' approaches to managing the financial risks from climate change, Supervisory Statement SS3/19. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/supervisory-statement/2019/ss319>
- Prudential Regulation Authority (2019). Life Insurance Stress Test 2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/letter/2019/life-insurance-stress-test-2019-scenario-specification-guidelines-and-instructions.pdf>
- Prudential Regulation Authority (2019). General Insurance Stress Test 2019 : Scenario Specification, Guidelines and Instructions. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/letter/2019/general-insurance-stress-test-2019-scenario-specification-guidelines-and-instructions.pdf>
- Putnam, P. C. (1953). *Energy in the Future*.
- Riahi et al. (2016). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications. An overview. *Global Environmental Change* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Rogelj, J., D. et al. (2018). Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. In: *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, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., et al]. In Press.
- Science Based Targets (2019). Foundations of Science-based Target Setting [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <https://sciencebasedtargets.org/wp-content/uploads/2019/04/foundations-of-SBT-setting.pdf>
- Science Based Targets (2019). Science-Based Target Setting Manual Setting [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <https://sciencebasedtargets.org/wp-content/uploads/2017/04/SBTi-manual.pdf>

South32 (2018). Our approach to Climate Change. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.south32.net/docs/default-source/exchange-releases/our-approach-to-climate-change-2018.pdf?sfvrsn=337d59e7_6

S&P Global Ratings (2019). Environmental, Social, And Governance Evaluation Analytical Approach. , [en ligne] (consulté le 01/09/2019)

Tavakoli, A. (2017). How Precisely «Kaya Identity» Can Estimate GHG Emissions: A Global Review.

TCFD (2017). Conference on Climate Scenarios, Financial Risk and Strategic Planning – Summary of Day 2 [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.fsb-tcf.org/wp-content/uploads/2017/12/TCFD-and-BoE-Conference-on-Climate-Scenarios-Financial-Risk-and-Strategic-Planning-Day-2-Summary.pdf>

TCFD (2017). Final Report : Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.fsb-tcf.org/publications/final-recommendations-report/>

TCFD (2017). Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <https://www.fsb-tcf.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Annex-062817.pdf>

TCFD (2017). Technical Supplement: The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-related Risks and Opportunities (June 2017) [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.fsb-tcf.org/publications/final-technical-supplement/>

TCFD (2019). 2019 Status Report : Task Force on Climate-related Financial Disclosures: Status Report [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P050619.pdf>

TCFD Knowledge Hub. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.tcfhub.org/>

The Economist (2018). How to design carbon taxes, The Economist (18/08/2018) [En ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://www.economist.com/finance-and-economics/2018/08/18/how-to-design-carbon-tax>

The Shift Project (2017). Le scénario des scénarios de l'AIE. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://theshiftproject.org/article/le-scenario-des-scenarios-de-laie-aie-aie-aie/>

The Shift Project (2018). Analyse du risqué climat : acteurs, méthodologies, perspectives. [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://theshiftproject.org/article/analyse-du-risque-climat-une-etude-du-shift-project-en-partenariat-avec-lafep/>

The Shift Project (2018). Lean ICT : pour une sobriété numérique [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>

The Shift Project (2019). Scénarios et enjeux de modélisation. [en ligne] (consulté le 01/09/2019).

The World Bank Group (2019). Global Economic Prospects [en ligne] (consulté le 01/09/2019) <http://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects>

Total (2018). Intégrer le climat à notre stratégie. [en ligne], (consulté le 01/09/2019) https://www.total.com/sites/default/files/atoms/files/total_climat_2018.pdf

UN DESA (2019). World Population prospects 2019. [en ligne], (donnée extraites le 20/06/2019). <https://population.un.org/wpp/>

UNEP FI (2019). Changing course : A comprehensive investor guide to scenario-based methods for climate risk assessment, in response to the TCFD. [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2019/05/TCFD-Changing-Course.pdf>

Uria Martinez, R., Leiby, P. N., Oladosu, G. A., Bowman, D., & Johnson, M. (2018). Using Meta-Analysis to Estimate World Oil Demand Elasticity (No. ORNL/TM-2018/1070). Oak Ridge National Lab.(ORNL), Oak Ridge, TN (United States).

Vailles, C. , Métivier, C. (2019). Very few companies make good use of scenarios to anticipate their climate-constrained future. I4CE [en ligne], (consulté le 01/09/2019) <https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2019/02/Very-few-companies-make-good-use-of-scenarios-to-anticipate-their-climate-constrained-future.pdf>

Wack, P. (1985). Scenarios: uncharted waters ahead. Harvard Business Review, September October, - pp. 73 89.

White, L. (1967). The historical roots of our ecologic crisis. Science, 155(3767), 1203-1207.

Wilkes, W. (2019) « Rhine River Could Run Too Low Again for Shipping in Germany » Bloomberg (10/04/2019) [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-04-10/rhine-river-could-run-too-low-again-for-shipping-in-germany?utm_source=CP+Daily&utm_campaign=7b2d26d3c7-CPdaily10042019&utm_medium=email&utm_term=0_a9d8834f72-7b2d26d3c7-110262049

B. Documentation des producteurs de scénarios

BP (2019). BP Energy Outlook2018 edition. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>

Calvin et al. (2016). The SSP4: A world of deepening inequality. Global Environmental Change (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.010>

Equinor (2018). Energy Perspectives 2018: A call for action. [En ligne] (consulté le 01/09/2019). <https://www.equinor.com/en/news/07jun2018-energy-perspectives.html>

Fricko et al. (2016). The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2 : A middle-of-the-road scenario for the 21st century. Global Environmental Change 42 (2017) 251–267.

Fujimori et al. (2016). SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways. Global Environmental Change 42 (2017) 268–283.

Grubler et al. (2018). A Low Energy Demand Scenario for Meeting the 1.5°C Target and Sustainable Development Goals without Negative Emission Technologies. IIASA.

GWEC – SolarPowerEurope – Greenpeace (2015). Energy [R]evolution scenarios [en ligne] (consulté le 01/09/2019) https://www.duesseldorf.greenpeace.de/sites/www.duesseldorf.greenpeace.de/files/greenpeace_energy-revolution_erneuerbare_2050_20150921.pdf

IEA (2017). Energy Technology Perspectives, Paris : Éditions OCDE, Paris/AIE.

IEA (2018). World Energy Outlook 2018, Paris : Éditions OCDE, Paris/AIE.

IRENA (2018). Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2018 edition). [En ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf

Kriegler et al. (2016). Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. Global Environmental Change 42 (2017) 297–315

Shell (2016). New lens scenarios, A shift in perspective for a world in transition. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/new-lenses-on-the-future/_jcr_content/par/relatedtopics.stream/1519787235340/77705819dcc8c77394d9540947e811b8c35bda83/scenarios-newdoc-english.pdf

Shell (2019). Scenario Sky. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf

Van Vuuren et al. (2016). Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm. Global Environmental Change 42 (2017) 237–250.

World Energy Council (2016). World energy scenarios 2016, the grand transition. [en ligne] (consulté le 01/09/2019). https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016_Full-Report.pdf

L'équipe du projet



Romain Grandjean est Chef de Projet pour le think tank *The Shift Project* et auteur de l'étude. Diplômé de d'Arts & Métiers ParisTech et de l'IFP School, il a auparavant travaillé au sein d'un groupe pétrolier pendant plusieurs années. Il est également auteur de l'étude « Analyse du risque climat : acteurs, méthodologie, perspectives » réalisé par *The Shift Project* pour l'Afep et publiée en 2018.

romain.grandjean@theshiftproject.org



Michel Lepetit est Vice-président du think tank *The Shift Project*, et expert de l'étude. Polytechnicien (X81), il est administrateur indépendant d'une compagnie d'assurance vie et d'une société d'ingénierie, et ancien cadre dirigeant dans des groupes bancaires et financiers. Il est président de la société de conseil Global Warning, chercheur associé au Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain et expert de la Chaire économique Energie et Prospérité.

michel.lepetit@theshiftproject.org



Laurent Morel est Administrateur du think tank *The Shift Project* et directeur de l'étude. Diplômé de Centrale Paris, il est dirigeant d'entreprises (automobile, véhicules industriels, immobilier, financement) et a notamment été Président du directoire du groupe Klépierre (2009-2016) avant de devenir associé du cabinet de conseil Carbone 4. Il est également président de l'Institut français pour la performance énergétique du bâtiment (IFPEB).

laurent.morel@theshiftproject.org

Coordinateur pour l'Afep



François-Nicolas Boquet - Directeur Environnement-Energie

fn.boquet@afep.com

environnement@afep.com



afep.com

Association française des entreprises privées

11 avenue Delcassé
75008 Paris
+33 (0)1 43 59 65 35

4-6 rue Belliard
1040 Bruxelles
+32(0)2 219 90 20



theshiftproject.org

The Shift Project - Think tank de la transition carbone

16 rue de Budapest - 75009 Paris
+33 (0)1 76 21 10 20

