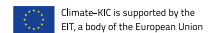


REMERCIEMENTS

Cette publication s'inscrit dans un projet financé par Climate KIC qui vise à faciliter l'utilisation de scénarios par les entreprises pour anticiper les risques et les opportunités liés à la transition vers une économie bas-carbone – en lien avec les recommandations de la TCFD.



La grille de lecture suivante est extraite du rapport « Comprendre les scénarios de transition – Huit étapes pour lire et interpréter ces scénarios ». A partir des éléments présentés dans ce rapport sur le processus de construction des scénarios de transition et des différents éléments qui les composent, elle synthétise les principales étapes à suivre pour lire et interpréter ces scénarios, ainsi que leurs principaux paramètres. Elle est ensuite appliquée à une sélection de cinq scénarios.

1. Grille de lecture des scénarios de transition

1

Identifier le cadre dans lequel a été élaboré le scénario de transition

- ▶ **Enjeux** : Le cadre d'élaboration du scénario, la vision de son constructeur et le but recherché orientent l'approche du scénario ainsi que les choix réalisés lors de sa construction – choix qui déterminent en grande partie les résultats du scénario. Avant d'entrer dans le contenu du scénario, il est donc important de comprendre dans quel contexte il a été créé, par quel organisme et dans quel but. Par ailleurs, il est important de se familiariser dans les grandes lignes avec la vision de la transition décrite par le scénario (intégration d'autres objectifs que l'objectif climatique, description d'une action climatique globale/fragmentée, identification d'une trajectoire optimale – suivant un ou plusieurs critères – pour atteindre l'objectif climatique...).
- ▶ **Informations/paramètres à identifier** : organisation qui produit le scénario, but(s) recherché(s), date et contexte de la publication, fréquence de la mise à jour du scénario, grandes lignes de la transition décrite par le scénario.

2

Identifier le niveau d'informations disponibles sur le scénario

- ▶ **Enjeux** : Selon le cadre de leur élaboration, les scénarios n'ont pas toujours le même support : s'ils se présentent très souvent sous forme de rapports écrits, ces rapports sont plus ou moins longs, détaillés et techniques selon les scénarios. Parfois un résumé synthétique est rendu public, alors que le rapport détaillé n'est pas accessible à tous. Des informations sur la méthodologie – en particulier le modèle – et les sources des données utilisées sont parfois rendues publiques, de même que des tableaux ou infographies présentant les résultats. Le niveau d'informations disponibles sur le scénario va conditionner l'usage qui pourra en être fait.
⚠ Les informations disponibles sur le scénario dépendent du support sur lequel sont présentés les résultats, mais aussi du périmètre et de la granularité du modèle utilisé. Au-delà des résultats rendus publics, des données plus désagrégées peuvent exister dans le modèle.
- ▶ **Informations/paramètres à identifier** : support de publication, existence d'annexes méthodologiques ou de tableaux de résultats, périmètre (géographique, sectoriel, horizon temporel), granularité des résultats (géographique, sectorielle, temporelle).

3

Comprendre dans quel contexte socio-économique a lieu la transition décrite par le scénario

- ▶ **Enjeux** : Le contexte socio-économique futur envisagé dans le scénario – qui correspond aux évolutions du monde (démographiques, économiques, géopolitiques, institutionnelles...) hors atteinte de l'objectif climatique – peut être plus ou moins favorable à la réduction des GES. Comprendre ce contexte est essentiel pour identifier les enjeux de la transition décrite dans le scénario.
 - ⚠ Ces évolutions peuvent être explorées dans un scénario de référence associé au scénario de transition. Les résultats du scénario de transition étant parfois présentés en différentiel par rapport à ce scénario de référence, il est essentiel de bien comprendre les hypothèses qu'intègre celui-ci.
- ▶ **Informations/paramètres à identifier** : l'existence d'un scénario de référence et ses principales hypothèses, les hypothèses sur le contexte socio-économique (évolution de la croissance économique ou de ses déterminants, de la population, des modes de vie, du progrès technologique, du taux d'urbanisation, du taux d'inégalité, du degré de globalisation/de coopération internationale...).

4

Identifier l'objectif climatique et la répartition des efforts dans le temps

- ▶ **Enjeux** : La trajectoire et les résultats du scénario de transition sont conditionnés par le respect d'un objectif climatique, généralement exprimé sous forme de limite sur le réchauffement climatique global à horizon 2100. Cet objectif peut être pris en compte de différentes manières dans le scénario (respect d'un budget carbone, comparaison des trajectoires d'émissions avec des trajectoires de référence comme les RCP, utilisation d'un modèle climatique). La probabilité associée à l'atteinte de l'objectif donne une indication supplémentaire de l'ambition du scénario. Par ailleurs, la trajectoire de réduction des émissions informe sur la répartition des efforts dans le temps.
 - ⚠ A noter que les scénarios dans lesquels les efforts de réduction sont retardés dans le temps ont généralement recours à des techniques d'émissions négatives pour respecter l'objectif climatique.
 - ⚠ Pour les scénarios dont l'horizon temporel s'arrête avant la fin du siècle, il est important de regarder si des hypothèses sont faites/admises concernant l'évolution des émissions de GES sur la période non-couverte par le scénario et de comprendre leurs implications en matière d'efforts de réduction nécessaires, de possibles ruptures avec les évolutions décrites par le scénario, et de recours aux techniques d'émissions négatives. Ces hypothèses sur l'évolution des émissions au-delà de la période couverte par l'horizon temporel du scénario sont déterminantes sur les montants de réductions d'émissions nécessaires dans le scénario. Elles ne sont pas toujours explicites.
- ▶ **Informations/paramètres à identifier** : l'objectif climatique visé, la probabilité qui lui est associée, la manière dont il est pris en compte par le scénario, l'évolution de la trajectoire des émissions de GES, les hypothèses faites/admises concernant l'évolution des émissions de GES en dehors de la période couverte par le scénario.

5

Identifier le poids donné aux différents leviers de la transition et les hypothèses associées

- ▶ **Enjeux** : Chaque scénario s'appuie sur des leviers de changement – principalement politiques, technologiques et comportementaux – qui permettent de mettre en place les solutions identifiées dans à l'étape 7. Selon les scénarios, le poids donné aux différents leviers n'est pas le même. Identifier les leviers sous-jacents au scénario permet de comprendre comment la transition – et les transformations en profondeur qu'elle implique – sont expliquées par le constructeur de scénario.
 - ⚠ Le poids donné aux différents leviers de la transition peut généralement s'appréhender grâce à la mise en récit faite autour du scénario, qui mêle hypothèses et résultats pour créer un narratif cohérent autour de la transition. Cette mise en récit, qui permet au constructeur de justifier les résultats du scénario et d'expliquer comment les différentes solutions d'atténuation sont mises en place, alimente la crédibilité du scénario¹.
 - ⚠ Le prix du carbone ne représente pas toujours l'instauration d'un prix explicite du carbone via un système de taxe ou de marché d'échanges de quotas d'émissions. Il représente parfois un prix fictif qui reflète l'effort de réduction des émissions au cours du temps imposé par le respect d'un certain objectif.
- ▶ **Informations/paramètres à identifier** : les mesures / réglementations / politiques soutenant la mise en place des solutions d'atténuation, la valeur et la signification du prix carbone, les changements de comportement et les progrès technologiques nécessaires à la transition.

6

Analyser les répartitions géographique et sectorielle des efforts de réduction

- ▶ **Enjeux** : De nombreux scénarios comportent des éléments sur l'évolution des émissions selon les secteurs émetteurs : **bâtiment, transport, industrie, production d'énergie, agriculture**. Les transformations profondes qu'implique la réduction des émissions ne sont pas portées par les mêmes secteurs selon les scénarios.

1 Par exemple, l'augmentation du taux de charge des véhicules dans un scénario peut être expliquée par la mise en place d'une politique ambitieuse de covoiturage et d'une réglementation sur la circulation à vide des poids lourds.

La répartition géographique des réductions d'émissions – et donc des efforts d'atténuation – varie également suivant les scénarios. La répartition des efforts entre secteurs/pays découle de la dynamique du modèle et des hypothèses d'entrée du scénario².

⚠ Les trajectoires d'émissions ne sont pas toujours comparables entre les scénarios : **les secteurs émetteurs et les types de GES** pris en compte varient. Cela est en partie dû au modèle utilisé pour quantifier le scénario.

⚠ Il est important de comprendre les hypothèses faites **sur l'évolution des émissions de GES et des secteurs non représentés dans le scénario** (et le modèle sous-jacent), qui conditionnent l'effort de réduction des émissions nécessaires dans les secteurs pris en compte par le scénario³. De même, dans le cas d'un scénario régional/national, il est important de comprendre les hypothèses faites sur les **réductions d'émissions dans le reste du monde**.

- ▶ **Informations/paramètres à regarder** : la trajectoire d'émissions de GES du scénario, l'évolution des émissions par secteur/zone géographique, les hypothèses concernant l'évolution des émissions dans les secteurs/zones géographiques non pris en compte par le scénario (rarement indiquées).

7

Identifier les solutions déployées pour réduire les émissions de GES et les technologies associées

- ▶ **Enjeux** : Le poids donné aux différentes solutions d'atténuation diffère suivant le scénario. Elle reflète une vision spécifique de la transition, qui découle de l'approche et de la vision des constructeurs du scénario. Les solutions d'atténuation envisagées dépendent également du périmètre du modèle utilisé et des secteurs représentés.

⚠ La représentation des solutions d'atténuation dans le scénario – et donc les informations disponibles sur ces solutions – dépendent du modèle utilisé, de son périmètre, de son approche (technico-économique, avec une représentation plus ou moins fine des technologies, ou plutôt macro-économique), et de sa granularité.

- ▶ **Informations/paramètres à regarder** : Exemples de paramètres permettant d'identifier les solutions déployées et leur poids relatif, par grande catégorie de solutions d'atténuation :

- **La maîtrise de la demande en énergie et en matériaux intensifs en émissions de GES** : la part de réduction des émissions due à l'efficacité énergétique en global et par secteur ; l'évolution de la consommation en énergie primaire ; l'évolution de la consommation en énergie des différents secteurs d'utilisation de l'énergie ;
- **La décarbonation du mix énergétique** : la part des différentes énergies renouvelables dans le mix énergétique, l'évolution de la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie, la part du nucléaire dans le mix électrique, le taux de déploiement des technologies CCUS ;
- **La maîtrise des émissions du système agricole** : l'évolution des émissions du secteur agricole, l'évolution de la consommation d'aliments carnés ;
- **Le recours aux émissions négatives** : le montant d'émissions négatives, les capacités de BECCS mises en place, les puits forestiers mobilisés.

Le récit qualitatif accompagnant le scénario peut également être utile pour appréhender la place des différentes solutions d'atténuation.

8

Identifier les conséquences macro-économiques de la transition

- ▶ **Enjeux** : Au-delà des enjeux technologiques et politiques, les implications macro-économiques de la transition (investissements, impacts sur l'emploi et la croissance etc.) évaluées dans le scénario sont importantes pour mieux appréhender les enjeux économiques liés aux transformations nécessaires à la transition.

⚠ Les scénarios n'informent pas toujours sur les implications macro-économiques de la transition, cela dépend notamment du type de modèle utilisé pour quantifier le scénario. Certains paramètres doivent ainsi être interprétés différemment selon la façon dont ils ont été générés (par exemple, si l'évolution de la croissance économique est fixée comme hypothèse par le constructeur en amont du scénario, sa valeur n'intègre pas les conséquences économiques de la transition.)

⚠ Les impacts macroéconomiques de la transition – quand ils sont donnés dans le scénario – sont souvent présentés en différentiel par rapport à un scénario de référence. Notons que dans la majorité des cas, ce scénario – et le scénario de transition – n'intègrent pas les impacts du changement climatique.

- ▶ **Informations/paramètres à regarder** : L'évolution de la croissance économique et les impacts de la transition sur la croissance économique, les investissements nécessaires aux transformations décrites dans le scénario, les conséquences de la transition sur l'emploi, l'évolution des prix de l'électricité ou de l'énergie pour les consommateurs finaux.

² Cette répartition peut par exemple découler d'une minimisation des coûts de la transition avec un modèle d'optimisation. Elle peut également intégrer d'autres critères, par exemple une convergence des émissions par habitant.

³ Ce point de vigilance s'applique aussi pour les secteurs représentés de manière très simplifiée, et dont les hypothèses ne sont pas forcément explicites dans le scénario – même si cela est plus difficile à détecter.

2. Une sélection de scénarios de transition passés à la loupe

La grille de lecture précédente est appliquée à une sélection de 5 scénarios de transition publics, qui vise à être représentative de la diversité des scénarios existants.

ÉTAPE 1

IDENTIFIER LE CADRE DANS LEQUEL A ÉTÉ ÉLABORÉ LE SCÉNARIO DE TRANSITION

	Organisation	Date de parution	Fréquence de mise à jour	But(s) recherché(s) par le scénario et grandes lignes de la transition présentée
AIE - Scénario SDS	L'Agence Internationale de l'Energie (AIE) est une organisation intergouvernementale , créée par l'OCDE à la suite du premier choc pétrolier dans le but initial d'assurer la sécurité énergétique des pays membres de l'OCDE , en particulier concernant l'approvisionnement en pétrole. Ses missions se sont élargies aujourd'hui : elle informe et conseille les Etats sur les enjeux énergétiques en fournissant de nombreuses données et analyses.	2018	Annuelle	La publication du World Energy Outlook (WEO) a pour but de présenter des scénarios d'évolution des marchés de l'énergie sur les moyen et long termes, en fonction des politiques publiques affectant le secteur de l'énergie. <i>Objectif du SDS :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire une évolution du secteur de l'énergie compatible avec l'accès universel aux services énergétiques modernes d'ici 2030, et cohérente avec les objectifs de l'Accord de Paris ainsi qu'avec la diminution de la pollution de l'air.
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	Greenpeace est une organisation non-gouvernementale militant pour la protection de l'environnement et de la biodiversité . Depuis 2005, elle produit des scénarios d'évolution du système énergétique permettant de répondre aux enjeux de durabilité écologique.	2015	5 éditions du rapport Energy Revolution ont été publiées depuis 2005.	<i>Objectifs :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Présenter une trajectoire permettant de réduire totalement les émissions de CO₂ liées à l'énergie, d'avoir un système énergétique 100 % renouvelable et de sortir du nucléaire. • Montrer qu'un tel futur est réalisable et souhaitable en décrivant ses implications et les conditions de sa réalisation.
IRENA - Scénario REmap	L'IRENA est une organisation intergouvernementale dont l'objectif est d'informer les pays sur le développement des énergies renouvelables (implications politiques, économiques financières, technologiques etc.) et d'encourager l'adoption à grande échelle et l'utilisation durable de toutes les formes d'énergies renouvelables.	2019	Mise à jour annuelle depuis sa création (en 2017).	<i>Objectifs :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Présenter une trajectoire de décarbonation du système énergétique global, qui s'appuie en grande partie sur le déploiement des énergies renouvelables. • Informer les décideurs sur les solutions possibles pour la mise en œuvre de l'objectif climatique fixé par l'Accord de Paris.
BP - Scénario Rapid Transition	British Petroleum (BP) est une compagnie pétrolière historique d'origine britannique.	2018	Annuelle	<i>Objectifs :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Explorer les évolutions du système énergétique compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris. • Informer les stratégies du groupe pétrolier.
Scénario Low Energy Demand (LED)	Le scénario a été créé par un groupe de chercheurs associé à l' Institut international d'analyse de systèmes appliqués (IIASA) . Cet Institut de recherche conduit des études pour analyser des enjeux d'envergure mondiale tel que le dérèglement climatique. Ses études ont pour objectif d'aider les décideurs à mettre en place des politiques basées sur la recherche scientifique.	2018	---	<i>Objectifs :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Présenter un scénario de transition basé sur la forte diminution de la demande en énergie finale qui se démarque de la plupart des scénarios proposant des solutions relatives à l'offre et la production d'énergie (décarbonation du mix énergétique, développement de grands projets renouvelables). • Informer les décideurs, montrer qu'un tel futur n'est pas irréaliste et ce qu'il implique.

ÉTAPE 2

IDENTIFIER LE NIVEAU D'INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE SCÉNARIO

	Support du scénario	Existence d'annexes méthodologiques et/ou de tableaux de données	Horizon temporel	Périmètre géographique et sectoriel et GES considérés	Granularité des résultats ^a		
					Pas de temps	Granularité géographique	Granularité sectorielle
AIE - Scénario SDS	Scénario publié dans le World Energy Outlook (WEO), rapport de plusieurs centaines de pages.	Une annexe méthodologique décrit le modèle, des tableaux d'hypothèses et de résultats sont donnés à la fin du rapport et sont téléchargeables sous format excel sur le site de l'AIE.	De 2017 à 2040	<i>Périmètre géographique :</i> monde <i>Périmètre sectoriel :</i> le système énergétique <i>GES :</i> Emissions de CO ₂ liées à l'énergie.	La plupart des résultats sont donnés par pas de 5 ans.	La plupart des résultats sont donnés pour les zones géographiques suivantes : Le monde, l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et du Sud, l'Europe, l'Afrique, le Moyen-Orient, l'Eurasie et l'Asie-Pacifique. Certains résultats sont donnés pour des pays individuels ou des groupes de pays, par exemple l'Union Européenne (UE).	Les résultats sont donnés pour l'industrie, le transport, les bâtiments et la production d'électricité et de chaleur.
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	Scénario publié dans le rapport <i>Energy [R]evolution : a sustainable future for all</i> , rapport détaillé de plusieurs centaines de pages. NB : dans le résumé exécutif, le scénario est appelé « Energy Revolution ».	Il n'existe pas d'annexe, toutes les informations sont dans la version longue du rapport, dont des tableaux de résultats à la fin du rapport.	De 2012 à 2050	<i>Périmètre géographique :</i> monde <i>Périmètre sectoriel :</i> le système énergétique <i>GES :</i> Emissions de CO ₂ liées à l'énergie.	La plupart des résultats sont donnés par pas de 10 ans.	La plupart des résultats sont donnés pour les zones géographiques suivantes : le monde, l'Europe OCDE, l'Amérique du Nord OCDE, l'Europe de l'Est + l'Eurasia, l'Amérique latine, l'Afrique, le Moyen Orient, la Chine, l'Inde, et les autres pays d'Asie.	Les résultats sont généralement donnés pour l'industrie, le transport et la production d'électricité et de chaleur.
IRENA - Scénario REmap	Scénario publié dans l'édition 2019 du <i>rapport Global Energy Transformation : A roadmap to 2050</i> , rapport d'une cinquantaine de pages.	Des éléments de méthodologie et des données sur le scénario (téléchargeables en format excel) sont disponibles sur le site de l'IRENA.	De 2018 à 2050	<i>Périmètre géographique :</i> monde <i>Périmètre sectoriel :</i> le système énergétique <i>GES :</i> Emissions de CO ₂ liées à l'énergie.	Les résultats sont donnés par pas de 10 ans.	Les résultats décrits par le scénario sont pour le monde – les résultats téléchargeables sous format excel sont donnés par zones géographiques (Amérique du Nord, Amérique latine, UE28, Reste de l'Europe, Afrique subsaharienne, Moyen-Orient et Afrique du Nord, Asie de l'Est, Asie du Sud Est, Reste de l'Asie).	Les résultats sont donnés pour l'industrie, le transport, les bâtiments et la production d'électricité et le chauffage urbain.
BP - Scénario Rapid Transition	Scénario publié dans l' <i>Energy outlook 2019</i> , rapport d'environ 70 pages incluant de nombreux graphiques.	Des tableaux de données sont disponibles à la fin du rapport (en Annexe) et en version excel téléchargeables sur le site de BP.	De 2017 à 2040	<i>Périmètre géographique :</i> monde <i>Périmètre sectoriel :</i> le système énergétique <i>GES :</i> Emissions de CO ₂ liées à l'énergie.	Les résultats dans le scénario sont donnés pour 2040 ou en pourcentage de changement par année entre 2017 et 2040.	Les résultats sont en majorité pour le monde, certains résultats sont donnés par zone géographique (USA, UE, autres pays de l'OCDE, la Chine, l'Inde, le reste de l'Aise, le Moyen Orient, la Russie, le Brésil, les autres pays non OCDE).	Les résultats concernant la consommation d'énergie finale données par secteur : industrie, bâtiment, transport.

ÉTAPE 2

IDENTIFIER LE NIVEAU D'INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE SCÉNARIO (SUITE)

	Support du scénario	Existence d'annexes méthodologiques et/ou de tableaux de données	Horizon temporel	Périmètre géographique et sectoriel et GES considérés	Granularité des résultats ^a		
					Pas de temps	Granularité géographique	Granularité sectorielle
Scénario Low Energy Demand (LED)	Le scénario est accessible en ligne sous forme d'un article publié dans « Nature » d'une dizaine de pages composé d'un tableau synthétisant les principales hypothèses et résultats du scénario.	Le scénario s'accompagne d'un rapport complémentaire détaillé et d'une base de données conséquente accessible en ligne (inscription gratuite).	De 2020 à 2050 (avec une prolongation jusqu'à 2100)	<i>Périmètre géographique :</i> monde <i>Périmètre sectoriel :</i> le système énergétique, l'industrie, le secteur des terres et des forêts, les déchets. GES : Emissions de l'ensemble des GES.	Le pas de temps est généralement de 10 ans (notamment pour les résultats de la base de données).	Les résultats sont donnés pour le monde, le Nord et le Sud.	Les données sur l'énergie sont par secteur (bâtiment résidentiel et commercial, industrie, transport et production d'électricité). Les données sur les émissions de GES sont par secteur plus agrégé (énergie et processus industriel, déchets, secteur d'utilisation des terres et forêts).

ÉTAPE 3

COMPRENDRE DANS QUEL CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE A LIEU LA TRANSITION DÉCRITE PAR LE SCÉNARIO

	Scénario de référence	Croissance économique (calculée à partir du PIB en PPA) ^a	Evolution de la population	Autre(s) évolution(s)
AIE - Scénario SDS	Oui - le New Policies Scenario (NPS) . Scénario central du WEO, il décrit l'évolution des marchés énergétiques en prenant en compte les politiques climatiques déjà mises en place et celles prévues par les Etats. Les émissions continuent d'augmenter dans ce scénario.	Taux de croissance annuel moyen de 3,4% entre 2017 et 2040. Elle est tirée par la Chine, l'Inde, l'Asie du Sud Est et l'Afrique. Elle est moins élevée en UE (1,6 %/an en moyenne).	9,2 mds en 2040	Taux d'urbanisation en hausse partout, notamment en Asie du Pacifique et en Afrique. Peu d'éléments sur les évolutions socio-économiques autres que la croissance économique et la population.
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	Oui - appelé Reference scenario, il est basé sur le Current Policies Scenario (CPS) présenté dans le WEO 2014 par l'AIE. Scénario tendanciel, il inclut seulement les politiques climatiques et énergétiques déjà mises en place.	Taux de croissance annuel moyen de 3,1% entre 2017 et 2040. La croissance est tirée par la Chine, l'Inde et les autres pays en développement. On observe une diminution du poids économique de l'OCDE.	9,5 mds en 2050	Peu d'éléments sur les évolutions socio-économiques autres que la croissance économique et la population.
IRENA - Scénario REmap	Oui - appelé le Reference Case . Il intègre les politiques énergétiques et climatiques en place ou prévues dans chaque pays, notamment les contributions déterminées au niveau national dans le cadre de l'Accord de Paris qui ont été traduites dans les politiques nationales.	Dans le scénario de référence ^b : Taux de croissance annuel moyen de 2,4 % entre 2019 et 2050. Taux de croissance annuel moyen intégrant certains impacts climatiques sur l'économie : 1,8 % entre 2019 et 2050.	9,7 mds en 2050	Peu d'éléments sur les évolutions socio-économiques autres que la croissance économique et la population.
BP - Scénario Rapid Transition	Oui - appelé Evolving Transition (ET) . Scénario central de l'Energy Outlook, il suppose que les politiques, la technologie et les préférences sociales continuent d'évoluer de manière similaire aux dernières années. Les émissions continuent d'augmenter dans ce scénario.	Taux de croissance annuel moyen de 3,2 % entre 2017 et 2040.	9,2 mds en 2040	Peu d'éléments sur les évolutions socio-économiques autres que la croissance économique et la population.
Scénario Low Energy Demand (LED)	Non – les paramètres quantifiés décrivant le contexte socio-économique, notamment la population et la croissance économique, sont accessibles dans la base de données du scénario.	Taux de croissance annuel moyen de 2,8 % entre 2020 et 2050.	9,2 mds en 2050	Cinq évolutions majeures : l'amélioration de la qualité de vie, l'urbanisation rapide, le développement de services énergétiques nouveaux et innovants, un rôle plus actif joué par les consommateurs d'énergie, et la forte innovation dans les technologies de l'information et la communication.

a. Dans tous ces scénarios – sauf le scénario REmap de IRENA –, le PIB est une donnée exogène : il n'intègre donc ni les effets de la transition ni les impacts du changement climatique. Le scénario REmap donne quant à lui une valeur de la croissance économique intégrant certains impacts climatiques.

b. Le taux de croissance dans le scénario de transition REmap est donné à l'étape 8, qui présente les effets macroéconomiques de la transition.

ÉTAPE 4

IDENTIFIER L'OBJECTIF CLIMATIQUE ET LA RÉPARTITION DES EFFORTS DANS LE TEMPS

	Objectif climatique visé et probabilité associée à cet objectif	Prise en compte de l'objectif climatique	Evolution de la trajectoire des GES (cf. Figure 15)	Hypothèses concernant l'évolution des émissions de GES au-delà de la période couverte par le scénario
AIE - Scénario SDS	Compatibilité avec l'Accord de Paris.	La trajectoire d'émissions de CO ₂ jusqu'en 2040 se trouve dans l'enveloppe des trajectoires des scénarios de transition du monde de la recherche compatibles avec le RCP2.6 ^a . L'AIE renvoie à la base de données https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/ .	Le pic des émissions de CO ₂ liées à l'énergie a lieu en 2020 et diminuent jusqu'à 17,6 GtCO₂ en 2040 .	La poursuite du rythme de réduction des émissions au-delà de 2040 permettrait d'atteindre zéro émission nette pour les émissions de CO ₂ liées à l'énergie vers 2070. Il est précisé que ce maintien du rythme de réduction nécessiterait une forte innovation technologique , en particulier concernant le CCUS et les techniques d'émissions négatives .
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	En dessous de 2°C.	Le respect de l'objectif climatique est justifié par la trajectoire d'émissions du scénario qui atteint zéro émission en 2050 liée à l'énergie.	Le pic des émissions de CO ₂ liées à l'énergie a lieu avant 2020 - les émissions diminuent drastiquement pour atteindre zéro émission en 2050 .	---
IRENA - Scénario REmap	Bien en dessous de 2°C.	Les émissions de CO ₂ cumulées entre 2015 et 2050 sont inférieures au budget carbone permettant de limiter avec une probabilité de 67 % le réchauffement climatique global à 2°C. Des hypothèses sont prises sur l'évolution des émissions non-couvertes par le scénario (cf. étape 6).	Le pic des émissions de CO ₂ liées à l'énergie a lieu avant 2020 - les émissions diminuent drastiquement pour atteindre 9,8 GtCO₂ en 2050 .	---
BP - Scénario Rapid Transition	Compatible avec les objectifs de l'Accord de Paris.	La trajectoire d'émissions du scénario se situe dans l'enveloppe des trajectoires de 4 autres scénarios se décrivant comme compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris (le SDS de l'AIE, le scénario Sky de Shell, le scénario Renewal d'Equinor, et la trajectoire illustrative P1 du rapport spécial 1,5°C du GiEC).	Le pic des émissions de CO ₂ liées à l'énergie a lieu avant 2020 puis les émissions diminuent de manière régulière, jusqu'à atteindre 18 GtCO₂ en 2040 .	Le scénario cite des évolutions nécessaires pour réduire les émissions restantes après 2040. Il s'agit par exemple du recours au CCUS et aux émissions négatives (BECCS), d'une plus large électrification dans l'utilisation finale de l'énergie, de l'amélioration des technologies de stockage de l'énergie, du recours à l'hydrogène et aux bioénergies.
Scénario Low Energy Demand (LED)	1,5°C sans dépassement avec une probabilité de plus de 60 %.	Un module climatique (MAGICC) est utilisé pour estimer le degré de réchauffement global. De plus, le modèle utilisé pour la construction du scénario est contraint par un budget carbone 2020-2100 de 390 GtCO₂ .	Le pic des émissions de GES a lieu en 2020, puis les émissions diminuent fortement pour atteindre 9,4 GtCO₂eq en 2050 . Les émissions de CO ₂ atteignent 2,7 GtCO₂ en 2050 , et sont négatives à partir de 2060.	Le scénario est prolongé de manière stylisée (avec des hypothèses simplifiées) jusqu'en 2100.

a. Ces scénarios explorent les combinaisons entre différents narratifs socio-économiques (les SSP) et différents forçages radiatifs représentés par les RCP (cf. Box 12 et Box 7).

ÉTAPE 5

IDENTIFIER LE POIDS DONNÉ AUX DIFFÉRENTS LEVIERS DE LA TRANSITION ET LES HYPOTHÈSES ASSOCIÉES

	Levier politique	Levier technologique	Levier comportemental
AIE - Scénario SDS	<ul style="list-style-type: none"> • Nombreuses politiques mises en place dans tous les secteurs et dans tous les pays, ex. : fin des subventions aux énergies fossiles d'ici 2035 pour tous les pays, instauration de standards d'efficacité et d'émissions strictes pour les centrales et les industries, les véhicules et les bâtiments neufs. <p><i>Focus sur le prix du carbone :</i></p> <p>Le prix du carbone correspond à une hypothèse d'entrée, et représente la mise en œuvre de politiques de tarification du carbone (taxes ou marchés), en complément d'autres mesures.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour les pays développés : de 63 \$/tonne en 2025 à 140 \$/tonne en 2040 ; • Pour certains pays émergents : de 43 \$/tonne en 2025 à 125 \$/tonne en 2040. 	<ul style="list-style-type: none"> • Progrès technologique soutenu par le levier politique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu ou pas évoqué.
Greenpeace - Scenario Advanced Energy Revolution	<ul style="list-style-type: none"> • Engagements internationaux forts de la part des Etats, avec des objectifs ambitieux et légalement contraignants. • Mise en place de politiques climatiques et énergétiques ambitieuses dans tous les secteurs, ex. : fin des subventions aux énergies fossiles d'ici 2020 ; • Forte acceptabilité politique et sociale pour les énergies renouvelables mais pas pour les technologies comportant des enjeux de durabilité environnementale et sociale : sortie du nucléaire et non recours aux technologies BECCS/CCUS. <p><i>Focus sur le prix du carbone :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La tarification du carbone est recommandée comme mesure politique, mais le prix du carbone n'est pas précisé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Progrès technologique rapide et soutenu par le levier politique, notamment pour les technologies renouvelables aujourd'hui peu ou non matures (ex. : l'hydrogène pour les véhicules, l'éolien flottant (offshore), les technologies d'énergie marine) et les technologies de réseaux permettant d'intégrer une part élevée de renouvelables dans le mix électrique (ex. : technologies de réseaux intelligents, de gestion de la demande). 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu ou pas évoqué.
IRENA - Scénario Remap	<ul style="list-style-type: none"> • Instauration de mesures d'atténuation sectorielles (ex. : instauration d'un standard minimum d'émissions pour les véhicules, interdiction de construire de nouvelles centrales à charbon). • Instauration de politiques permettant de mettre en place un cadre économique favorable au déploiement rapide et à grande échelle des énergies renouvelables (ex. : politique de réglementation des prix, nouvelles structures des tarifs pour l'électricité). <p><i>Focus sur le prix du carbone :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Instauration de mécanismes de tarification du carbone dans le domaine de l'industrie, de l'aviation, et du transport maritime et routier de longue distance : la valeur du carbone n'est cependant pas précisée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Progrès technologique rapide et soutenu par le levier politique, permettant par exemple d'améliorer la digitalisation et la flexibilité du système électrique, d'augmenter l'utilisation de l'hydrogène pour les transports et l'industrie, ou encore le recours aux bio-carburants dans l'aviation, le transport maritime et le transport routier de longue distance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu ou pas évoqué.
BP - Scénario Rapid Transition	<ul style="list-style-type: none"> • Instauration de politiques et mesures sectorielles (ex. : l'interdiction d'installer de nouvelle centrale à charbon conventionnelle au niveau mondial à partir de 2030, l'instauration de standards d'émissions stricts pour les appareils électriques et les bâtiments neufs). • Instauration de mécanismes de tarification du carbone. <p><i>Focus sur le prix du carbone :</i></p> <p>Le prix du carbone correspond à une hypothèse d'entrée, et représente la mise en œuvre de politiques de tarification du carbone (taxes ou marchés) dans les différents pays :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les pays de l'OCDE : de 25 \$/tonne en 2025 à 200 \$/tonne en 2040, - Pour les pays hors OCDE : de 10 \$/tonne en 2025 à 100 \$/tonne en 2040. 	<ul style="list-style-type: none"> • Progrès technologique continu dans le domaine des énergies renouvelables et de la captation et du stockage du CO₂. • Le progrès technologique est stimulé et soutenu par différentes politiques – seul, il ne permettra pas de diminuer suffisamment les émissions. 	<ul style="list-style-type: none"> • A la marge, certains changements de comportements et de pratiques, liés notamment à l'économie circulaire et à la mobilité.

ÉTAPE 5

IDENTIFIER LE POIDS DONNÉ AUX DIFFÉRENTS LEVIERS DE LA TRANSITION ET LES HYPOTHÈSES ASSOCIÉES (SUITE)

	Levier politique	Levier technologique	Levier comportemental
<p>Scénario Low Energy Demand (LED)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise en place de politiques publiques pour accompagner et accélérer les changements technologiques, institutionnels (notamment des marchés) et comportementaux qui sont présentés comme les principaux moteurs de la transition. <p><i>Focus sur le prix du carbone :</i></p> <p>Prix fictif du carbone au niveau mondial représentant le coût des réductions d'émissions nécessaires pour atteindre l'objectif climatique de : 90 \$/tCO₂ en 2030, passant à 160 \$/tCO₂ d'ici 2050, puis à environ 700 \$/tCO₂ d'ici 2100.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Progrès rapide des technologies de l'information et de la communication couplé à une forte digitalisation. Rapide innovation et amélioration dans la production d'énergie décentralisée et à petite échelle, développement de technologies liées à l'utilisation finale de l'énergie. Non développement des technologies CCUS et BECCS. 	<ul style="list-style-type: none"> Aspirations fortes à vivre dans un environnement sain et non-pollué. Evolutions des préférences des consommateurs pour des services innovants, flexibles, et disponibles à la demande (ex. : objets et services partagés). Changement du rôle des consommateurs d'énergie qui prennent une part active dans la production d'énergie (ex. : développement de l'autoconsommation à l'échelle d'un foyer ou d'un quartier). 	

ÉTAPE 6

ANALYSER LES RÉPARTITIONS GÉOGRAPHIQUE ET SECTORIELLE DES EFFORTS DE RÉDUCTION

	Répartition entre secteurs (cf. Figure 16)	Hypothèses sur les secteurs/gaz non représentés	Répartition entre pays/zones
AIE - Scénario SDS	La réduction des émissions vient avant tout du secteur de production d'électricité, puis du secteur des transports. Légère réduction dans les autres secteurs.	Les émissions de CO ₂ liées aux procédés industriels et les émissions de méthane liées aux procédés industriels et à l'énergie atteignent 2,4 GtCO ₂ eq en 2040. Les projections d'émissions du secteur UTCATF ^a sont tirées du Baseline Scenario (2012b) de l'OCDE - elles déclinent dans le temps.	L'effort de réduction des émissions est plus important pour les pays développés (- 4,5 %/an en moyenne pour les pays de l'OCDE) que pour les pays en développement (-2 %/an), avec quelques exceptions comme la Chine (- 4,3 %/an).
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	Tous les secteurs atteignent zéro émission en 2050. Les émissions du secteur de production de l'électricité diminuent fortement dès 2020 ; pour les autres secteurs, la diminution est plus lente jusqu'en 2030 puis très soutenue entre 2030 et 2050.	---	Tous les pays atteignent zéro émission en 2050, cependant, les pays développés et l'Amérique latine ont un rythme de diminution plus élevé sur la période 2015-2040 que les pays en développement, en particulier les pays asiatiques dont la Chine et l'Inde - les émissions de cette dernière continuent d'augmenter jusqu'en 2030.
IRENA - Scénario REmap	Le secteur de production de l'électricité réalise les efforts de réduction les plus importants. Le secteur des transports est aussi fortement sollicité.	<ul style="list-style-type: none"> Hypothèses pour les émissions de CO₂ des procédés industriels : 90 GtCO₂ d'émissions cumulées entre 2015 et 2050. Hypothèses pour les émissions de CO₂ du secteur UTCATF^a : les émissions cumulées du secteur entre 2015-2100 sont proches de zéro (positives avant 2050, nulles en 2050 puis négatives après 2050). 	L'Amérique du Nord, l'Union européenne et l'Asie de l'Est font les plus importants efforts de réduction (environ - 80 % entre 2016 et 2040). Les autres pays ont un rythme de réduction moins rapide, en particulier le reste de l'Asie dont les émissions diminuent d'environ 45 % entre 2016 et 2040.
BP - Scénario Rapid Transition	Le secteur de production de l'électricité réalise les efforts de réduction les plus importants. Les émissions de l'industrie diminuent également de manière significative, alors que celles des transports ne diminuent que faiblement.	---	---
Scénario Low Energy Demand (LED)	L'ensemble des secteurs est à zéro émission nette à l'horizon 2060. Les émissions négatives proviennent du secteur UTCATF ^a - pas de recours au BECCS.	L'évolution de l'ensemble des GES est décrite dans la base de données du scénario.	Les pays du Sud et du Nord atteignent la neutralité carbone à l'horizon 2060.

a. UTCATF : Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

ÉTAPE 7

IDENTIFIER LES SOLUTIONS DÉPLOYÉES POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GES ET LES TECHNOLOGIES ASSOCIÉES

Principales solutions bas-carbone mobilisées (Illustration graphique des solutions déployées aux Figure 17, Figure 18, Figure 19, Figure 20)

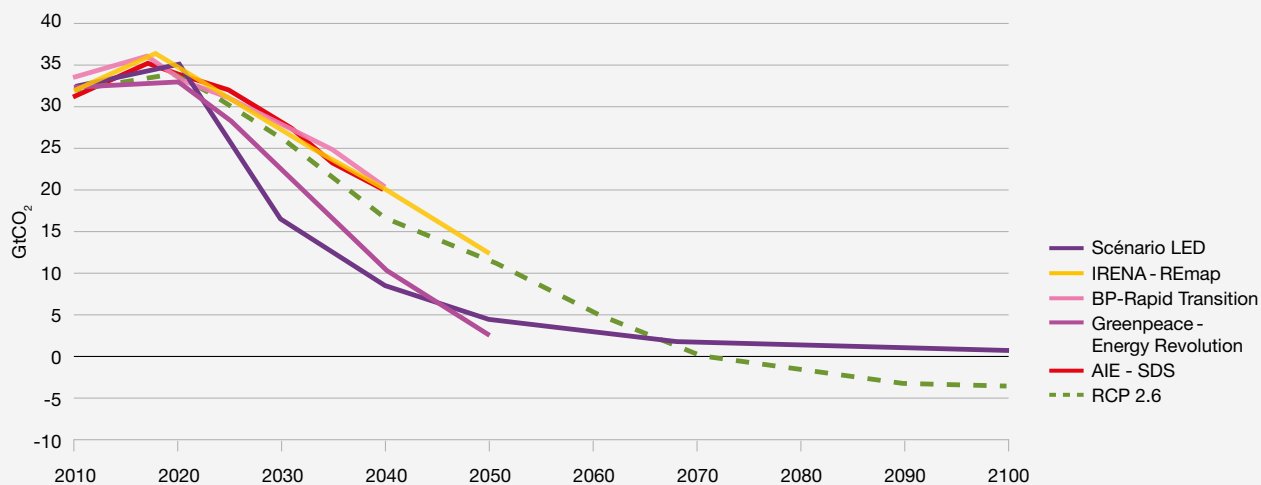
AIE - Scénario SDS	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'efficacité énergétique. • Développement des énergies renouvelables. • Développement du nucléaire, des technologies CCUS. • Réduction des émissions de méthane dans la production de pétrole et de gaz ("upstream").
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de l'efficacité énergétique. • Développement des énergies renouvelables, notamment solaire et éolien. • Electrification dans tous les secteurs. • Décarbonation des combustibles non électriques via le recours à l'hydrogène et aux bio-combustibles pour les transports. • Décarbonation de la production de chaleur notamment via le déploiement de la géothermie, de l'utilisation de biomasse et des capteurs solaires thermiques. • Choix de non-recours au CCUS et de sortie du nucléaire.
IRENA - Scénario REmap	<ul style="list-style-type: none"> • Electrification de la production de chaleur et du secteur des transports. • Déploiement des énergies renouvelables pour la production d'électricité et pour des usages directs/finaux (solaire thermique, géothermie, biomasse). • Efficacité énergétique (relativement moins importante par rapport aux deux premières solutions). • Déploiement de CCUS considéré pour certaines industries émettrices (hors production d'électricité) mais montant de CO₂ capturé non précisé.
BP - Scénario Rapid Transition	<ul style="list-style-type: none"> • Décarbonation du mix énergétique via le développement des énergies renouvelables, l'électrification et le déploiement des technologies CCUS. • Des gains d'efficacité énergétique, qui ne permettent pas de contrebalancer l'augmentation de la demande en services énergétiques : la demande en énergie continue donc d'augmenter jusqu'en 2040.
Scénario Low Energy Demand (LED)	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse drastique de la demande en énergie grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les usages finaux de l'énergie et le développement de services énergétiques innovants. • Electrification des usages de l'énergie. • Décarbonation et décentralisation de la production d'énergie grâce au développement d'énergies renouvelables, variables et flexibles. • Choix de non-recours au CCUS.

ÉTAPE 8
IDENTIFIER LES CONSÉQUENCES MACRO-ÉCONOMIQUES DE LA TRANSITION

	Investissements nécessaires	Impacts de la transition sur le PIB	Impacts de la transition sur l'emploi	Prix des énergies et de l'électricité pour les consommateurs finaux	Prix des combustibles fossiles
AIE - Scénario SDS	67 713 mds\$ d'investissements cumulés dans le système énergétique (approvisionnement et utilisation d'énergie) entre 2018 et 2040 – ils sont de 60 042 mds\$ pour le New Policies Scenario.	---	---	Les prix de l'électricité pour le consommateur final sont donnés pour certaines régions. Ex. : le prix de l'électricité passe d'environ 85 \$/MWh en 2017 à 120 \$ MWh en 2040 en Chine, d'environ 130 à 165 \$/MWh aux États-Unis et d'environ 230 à 260 \$/MWh dans l'UE.	Les prix des combustibles fossiles sont endogènes au scénario. Prix du pétrole : 74 \$/baril en 2025 et 64 \$/baril en 2040. Les prix du gaz et du charbon varient selon les régions. Ex. : prix du gaz en UE : 7,7 \$/MBtu en 2040 ; prix du charbon en UE : 66 \$/tonne en 2040.
Greenpeace - Scénario Advanced Energy Revolution	Sur la période 2012-2050 : 64 600 mds\$ d'investissements cumulés dans le système électrique (1 656 mds \$/an en moy.) + 16 730 mds\$ d'investissements cumulés pour la production de chaleur (429 milliards \$/an en moy.).	---	Impact positif sur l'emploi dans le secteur de l'énergie : le scénario résulte sur plus d'emplois dans le secteur de l'énergie à chaque période par rapport au scénario de référence. Par exemple, en 2030, il y a 48 millions d'emplois dans le secteur de l'énergie pour le scénario Advanced Energy Revolution et 28 millions dans le scénario de référence.	Les prix pour les consommateurs finaux ne sont pas donnés mais les coûts de production de l'électricité sont donnés pour différentes régions du monde. Par exemple, en UE, le coût de production de l'électricité augmente jusqu'en 2030 pour atteindre presque 10 cts\$/kWh puis diminue pour atteindre environ 8 cts\$/kWh en 2050.	Les prix des combustibles fossiles sont des hypothèses d'entrée. Prix du pétrole : 103,5 \$/baril en 2025 et 100 \$/baril en 2040. Prix du gaz et du charbon varient selon les régions. Ex. : prix du gaz en Europe : 9,7 \$/GJ en 2040 ; prix du charbon pour les pays de l'OCDE : 3,3 \$/GJ en 2040.
IRENA - Scénario REmap	110 000 mds\$ d'investissements cumulés dans le système énergétique sur la période 2016-2050. En comparaison, le besoin d'investissements cumulés pour le scénario de référence sur la même période est de 95 000 mds\$.	Impact positif sur le PIB : le taux de croissance annuel entre 2019 et 2050 est de 2.4% dans le scénario de référence et de 2.5% dans le scénario REmap (respectivement 1,8 % et 2% en prenant en compte certains impacts climatiques).	Impact positif de la transition sur l'emploi dans le secteur de l'énergie : les nouveaux emplois liés à la transition dépassent largement les emplois perdus dans le secteur des combustibles fossiles ^a . Impact relativement insignifiant de la transition sur l'emploi au niveau de l'économie globale.	---	Les prix des combustibles fossiles ne sont pas donnés – il est seulement précisé qu'ils sont « tirés d'études nationales ou de sources reconnues (comme l'AIE) ».
BP - Scénario Rapid Transition	---	---	---	---	---
Scénario Low Energy Demand (LED)	Les investissements dans l'approvisionnement énergétique sont estimés à un peu plus de 1 000 mds\$ par an entre 2020 et 2050 (1 170 milliards en 2020 et 1 053 milliards en 2050).	---	---	---	---

a. Plusieurs études de l'IRENA évaluent les impacts de la transition sur l'emploi dans le secteur énergétique, notamment l'étude *Perspectives for the energy transition: Investment needs for a low-carbon energy system*, IRENA et IEA, 2017.

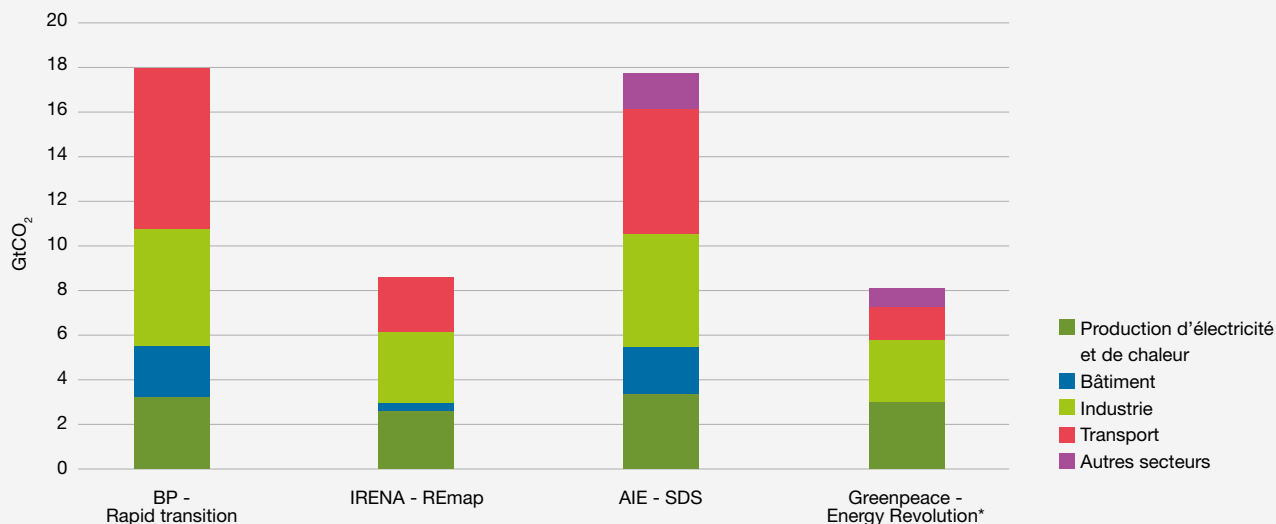
FIGURE 15. TRAJECTOIRES D'ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES À L'ÉNERGIE ET AUX PROCÉDÉS INDUSTRIELS SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



Source : I4CE, 2019.

* Le périmètre des émissions de certains scénarios sélectionnés n'inclut pas les émissions de CO₂ liées aux procédés industriels. Pour permettre la comparaison visuelle des trajectoires d'émissions entre les différents scénarios, un montant annuel de 2,6 GtCO₂ a été ajouté aux émissions des scénarios n'incluant pas les procédés industriels – c'est-à-dire les scénarios SDS de l'AIE, Rapid Transition de BP, REmap de l'IRENA et Advanced Energy Revolution de Greenpeace. Le montant de 2,6 GtCO₂ correspond aux émissions actuelles de CO₂ liées aux procédés industriels (Fischedick, 2014), et est compatible avec les informations sur ces émissions tirées des scénarios SDS de l'AIE (par lecture visuelle) et REmap de l'IRENA (qui donne le montant des émissions liées aux procédés industriels cumulés jusqu'en 2050).

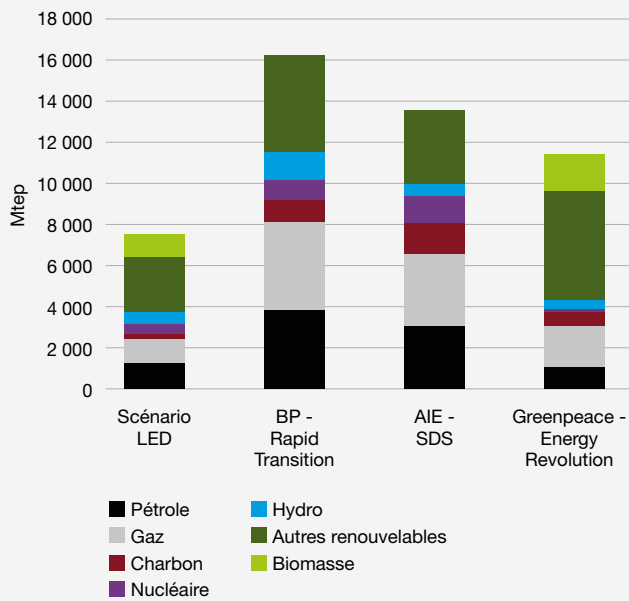
FIGURE 16. ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES À L'ÉNERGIE PAR SECTEUR EN 2040 SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



Source : I4CE, 2019.

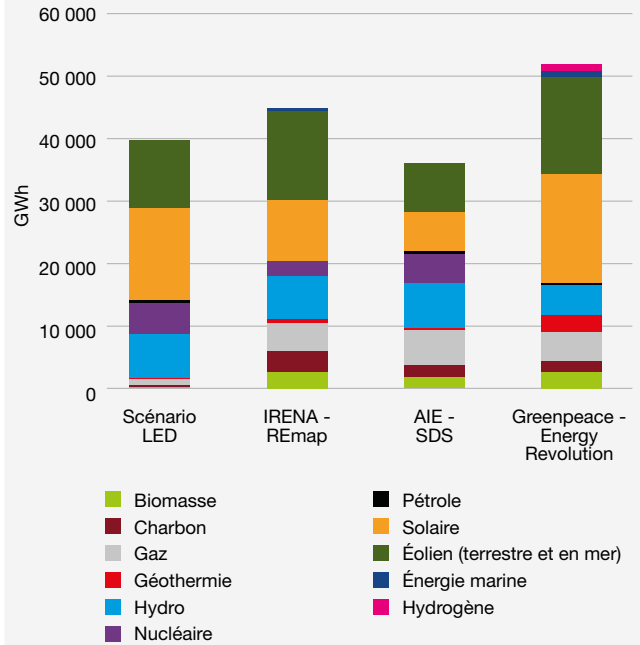
* Les émissions du secteur « Bâtiment » du scénario de Greenpeace – Advanced Energy Revolution ne sont pas nulles en 2040, elles sont comptées dans « Autres secteurs ».

FIGURE 17. ÉNERGIE PRIMAIRE PAR SOURCE EN 2040 SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



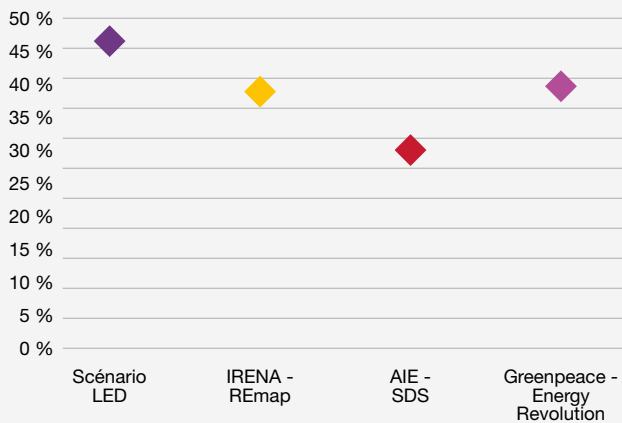
Source : I4CE, 2019.

FIGURE 18. PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PAR SOURCE EN 2040 SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



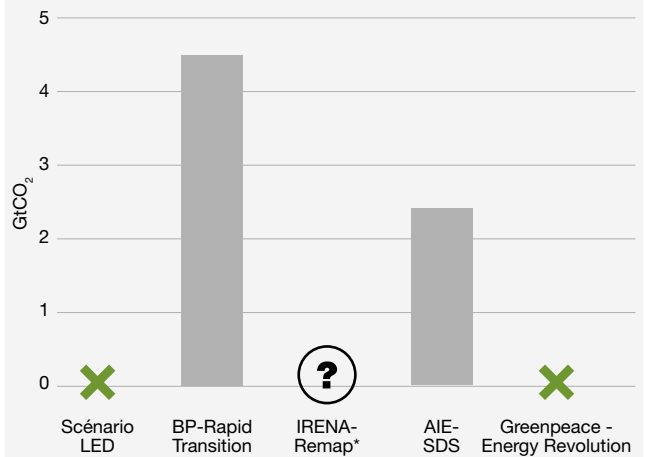
Source : I4CE, 2019.

FIGURE 19. PART DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LA CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE EN 2040 SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



Source : I4CE, 2019.

FIGURE 20. MONTANT DE CO₂ CAPTURÉ PAR CCUS EN 2040 SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRANSITION



Source : I4CE, 2019.

* Pour le scénario REmap de l'IRENA, le montant de CCUS n'est pas indiqué. Cependant, il est précisé que les technologies CCUS ont été considérées au niveau mondial pour trois principales industries émettrices : la sidérurgie, le ciment et la production chimique/pétrochimique – mais pas pour la production d'électricité.

I4CE - Institute for Climate Economics 20-22 rue des Petits Hôtels, 75010 Paris
www.i4ce.org | contact@i4ce.org | @I4CE_ 

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901. R.C.S. Paris 520 399 478
SIREN 500 201 983 00011 P APE 9499 Z

Lecture de
cette note sur
> i4ce.org

