

# Trajectoires de transition écologique

Vers une planification dynamique  
et adaptative des territoires

Élodie Briche, coord.





# Trajectoires de transition écologique

Vers une planification  
dynamique et adaptative  
des territoires

Élodie Briche, coordinatrice

Éditions Quæ

A series of thin, orange, curved lines that originate from the left side of the page and sweep downwards and to the right, creating a sense of movement and flow. The lines are parallel to each other and curve in a similar fashion, resembling a stylized 'C' or a series of overlapping paths.

**Collection *Matière à débattre et décider***

*Impacts des produits phytopharmaceutiques  
sur la biodiversité et les services écosystémiques*  
S. Leenhardt, L. Mamy, S. Pesce, W. Sanchez, coord.  
2023, 184 p.

*Protéger les cultures par la diversité végétale*  
A. Tibi, V. Martinet, A. Vialatte, coord.  
2023, 132 p.

*Impacts of plant protection products on biodiversity and ecosystem services*  
S. Leenhardt, L. Mamy, S. Pesce, W. Sanchez, coord.  
2023, 174 p.

**Pour citer cet ouvrage :**

Briche É (coord.), 2023. *Trajectoires de transition écologique : vers une planification dynamique et adaptative des territoires*, Versailles, éditions Quæ, 312 p.

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex, France

[www.quae.com](http://www.quae.com) – [www.quae-open.cm](http://www.quae-open.cm)

© éditions Quæ, 2023

ISBN papier : 978-2-7592-3766-1 – ISBN PDF : 978-2-7592-3767-8

ISBN ePub : 978-2-7592-3768-5 – ISSN : 2115-1229

Cet ouvrage a bénéficié du soutien financier de l'Ademe.  
Il est diffusé sous licence CC-by-NC-ND 4.0.

# Préface

## Hervé le Treut

Cet ouvrage rassemble une somme d'informations tout à fait exceptionnelle que l'on peut aborder de manière presque immédiate grâce à la qualité du travail accompli par le grand nombre de personnes qui y ont participé. Mais comment aborder en quelques mots un objet aussi impressionnant ?

L'histoire du climat peut permettre une première approche. Les composantes de ce « système climatique » ont une longue histoire et ont été identifiées dès le début du xx<sup>e</sup> siècle comme un ensemble de différentes « sphères » : l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, la lithosphère, la couche supérieure de la terre solide... Ces sphères hébergent aussi depuis toujours la vie sur Terre. Le scientifique russe Vladimir Vernadsky (1863-1945) a conceptualisé en 1926 la notion de biosphère pour regrouper l'ensemble du vivant et mettre en exergue ces interactions. Elles continuent de jouer un rôle essentiel dans la définition du système climatique.

Ce que nous pouvons observer aujourd'hui, cent ans plus tard, se situe dans un cadre qui a bien sûr beaucoup évolué, et qui est marqué en grande partie par le rôle des territoires, des régions, et par la présence des lieux habités, vivants et complexes, qui vont en croissant. Cette complexité est d'ordre géographique, physique ou social, et elle dépend largement de la planète tout entière. La façade atlantique de l'Europe, pour prendre un exemple aquitain, est largement rythmée par deux structures mesurant plusieurs milliers de kilomètres, l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande, qui empêchent une vision strictement locale de ces enjeux.

Les émissions de gaz à effet de serre ont aussi augmenté de manière rapide dans les années 1950, et ont très vite fait l'objet de plusieurs décennies de travaux désormais très célèbres, s'articulant en particulier sur des études de géochimie, sur la mise en place de l'Observatoire du Mauna Loa, de l'Observatoire de recherche atmosphérique du Pôle Sud, ou encore du développement des premiers modèles climatiques. Il s'agissait d'abord de montrer que la présence, dans l'atmosphère, d'un niveau de CO<sub>2</sub> additionnel était décelable. Elle joue désormais le rôle majeur que chacun connaît.

Les « Trajectoires de transition écologique » proposées dans cet ouvrage ont profité de ces enjeux anciens et relèvent désormais d'un domaine nouveau, celui qui définit un monde en évolution rapide, qui définit aussi des dimensions territoriales très nouvelles, qui touchent à la fois la France et l'Europe. Le lien entre atténuation et adaptation y apparaît de manière récurrente. Il apparaît aussi de manière toujours plus évidente que le travail qui se fait dans ce contexte sera à la pointe des actions futures.

De fait, la gestion des territoires reste un élément complexe, et les transitions climatiques lui donnent progressivement un rôle toujours plus important. Comment fonctionne un système complexe et hétérogène, marqué par des différences de toutes sortes ? Les enjeux méthodologiques que cela implique demandent l'accès à des données d'observation toujours plus nombreuses. Le développement des mesures spatiales, le rôle croissant de l'intelligence artificielle ouvrent aussi des horizons nouveaux. Bien sûr, il reste impossible de faire de la science un outil qui déterminerait de manière directe des décisions prises face à des enjeux souvent multiples. Elle dépend en fait des valeurs, celles des droits de l'humain, celles qui organisent les solidarités, celles qui font le lien avec les professeurs et les étudiants. Et elle est malheureusement au centre des conflits et des guerres.

Pour autant, le rôle de la science ne doit pas être négligé, bien au contraire. Elle apporte une ouverture face au monde sans équivalent. Le travail considérable qu'apportent les trajectoires de cet ouvrage n'en est que plus important. Il jouera un rôle très rare pendant longtemps.

# Sommaire

Préface	3
Introduction	9
<b>PARTIE 1</b>	
<b>PLURALITÉ DES TRAJECTOIRES</b>	13
<b>1. Comprendre le contexte européen et national des trajectoires pour la transition écologique</b>	15
Des approches plurielles et multiscalaires : intégrer l'incertitude dans la planification de la transition écologique	16
Les trajectoires au service d'une planification écologique : de l'échelle européenne à l'échelle locale	22
Conclusion	31
<b>2. Transition(s) 2050</b>	35
Transition(s) 2050 : quatre voies pour la neutralité carbone proposées par l'Ademe	36
Aménagement et planification des territoires dans Transition(s) 2050	45
Conclusion	50
<b>3. La prospective au service de la transition écologique</b>	53
La transition écologique, un rapport au temps et à l'engagement collectif	53
La prospective : de quoi parle-t-on ?	59
Apports possibles de la prospective territoriale aux démarches de transition écologique	60
Conclusion	67
<b>4. Des territoires en chemin vers la planification bas-carbone</b>	69
(Ré)concilier planification et faculté d'expérimenter : la « planification urbaine bas-carbone » de l'Ademe	70
Autres trajectoires pour une vision intégrée et transversale de la transition	78
Conclusion	84

## **PARTIE 2**

### **QUELLES APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES ?**

#### **APPLICATIONS SUR LES TERRITOIRES FRANÇAIS**

87

#### **5. Les *adaptation pathways* et leur déclinaison française pour les territoires : la démarche Tacct**

89

Le contexte en France

90

Les principes clés retenus dans Tacct

94

Les trajectoires : un outil de dialogue au service de la transition ?

98

Conclusion

101

#### **6. Trajectoires d'adaptation des littoraux d'outre-mer dans un contexte de changement climatique**

105

Risques littoraux et réponses d'adaptation

107

L'exemple de Rangiroa, Polynésie française

111

Conclusion

118

#### **7. Trajectoires d'adaptation sectorielle de l'économie bleue : le tourisme en Corse**

121

Des chaînes d'impacts aux trajectoires de politiques d'adaptation

122

Construction des trajectoires d'adaptation du tourisme corse à trois horizons temporels

131

Conclusion

138

#### **8. Définir et suivre des trajectoires bas-carbone de référence à l'échelle des collectivités territoriales**

141

Démarche d'analyse des trajectoires régionales

142

Méthodologie d'élaboration de trajectoires climat de référence à l'échelle régionale

144

Un cadre d'analyse opérationnel à destination des Régions

147

Déclinaison de la démarche d'analyse des trajectoires bas-carbone à l'échelle infrarégionale

157

Conclusion

159

#### **9. Décliner les trajectoires de décarbonation à l'échelle des territoires : le cas de Dunkerque**

161

Les constats à l'origine du projet MAP 2050

162

Dunkerque, cas emblématique du défi de la « neutralité climatique » des villes européennes

166

Conclusion

173



<b>10. Chiffrer les coûts de la mise en œuvre de trajectoires de transition et d'adaptation</b>	177
Premiers tests de prospectives et moyens à déployer à l'échelle nationale	178
Une première vision de la territorialisation de la programmation budgétaire climat	185
Pistes de travaux futurs	188
Conclusion	191
<b>PARTIE 3</b>	
<b>VERS UNE PLANIFICATION DYNAMIQUE, VOIRE « ADAPTATIVE » DES TERRITOIRES ?</b>	193
<b>11. La Métropole européenne de Lille et son métabolisme : quels enjeux ?</b>	195
Le métabolisme urbain	196
Un métabolisme linéaire et mondialisé	198
Au croisement des flux et des ressources	205
Conclusion	208
<b>12. Expérimenter le Grenoble d'après : trajectoires et lignées d'aménagement d'une cité écologique</b>	211
Faire la ville à l'heure des expérimentations urbaines	213
Grenoble, laboratoire de la ville post-carbone et en transition	216
Conclusion	227
<b>13. Les trajectoires ZAN au cœur des politiques territoriales</b>	231
Penser le ZAN au service d'un projet de territoire durable	232
Vers une planification territoriale porteuse de changement du modèle d'aménagement	238
Définir des trajectoires ZAN avec les acteurs du territoire	242
Conclusion	247
<b>14. Trajectoires de rafraîchissement urbain et planification urbaine</b>	249
Surchauffe urbaine et besoin de rafraîchissement	250
Mise en situation : zoom sur la commune de Castelnau-le-Lez	256
Le PLU et le temps de la planification	262
Conclusion	265
<b>15. Planification écologique et trajectoires de transition : hypothèses pour un âge 2 des SCoT</b>	269
Transition écologique et trajectoires de la planification territoriale	271
Deux cas d'étude du projet Âge2SCoT	277
Conclusion	283

<b>16. Vers une planification adaptative de la transition : la Communauté d'agglomération du Pays de Grasse</b>	<b>287</b>
Les enjeux d'une planification dynamique adaptative de la transition écologique	289
Le processus de planification renouvelé par la géoprospective	292
Les premiers enseignements de l'expérimentation en cours sur la CAPG	296
Conclusion	300
Conclusion générale	305
Liste des acronymes	308
Liste des auteurs et autrices	311

# Introduction

## Élodie Briche

Un passage à l'action rapide et raisonné est nécessaire : il nous reste, selon le Groupement intergouvernemental des experts sur l'évolution du climat (GIEC), « trois ans pour infléchir la tendance » du changement climatique. Ce propos ne doit pas servir à démotiver ni à retarder l'action, mais à engager, à mettre en mouvement toute la société civile et les acteurs publics et privés vers la transition écologique, qui doit devenir le nouveau moteur de l'action publique et guider les investissements publics et privés. Selon le programme européen Copernicus, l'été 2022 a été le plus chaud jamais enregistré en Europe. Après un été 2022 très sec et un hiver 2023 qui n'ont pas permis de recharger les nappes phréatiques, les alertes rouges et orange canicule ont touché différents départements en juillet et en août 2023, avec des températures avoisinant les 40 °C en température de l'air dans certaines villes. Par ailleurs, les vagues de chaleur sont également de plus en plus précoces ou tardives et augmentent la période d'exposition aux risques sanitaires liés aux canicules.

Face à ce constat, la mobilisation de toutes les parties prenantes est indispensable. Pour anticiper et mettre en œuvre toutes ces transformations à venir qui auront lieu dans les territoires, le passage vers une planification écologique est essentiel. La planification territoriale et stratégique traduit une vision politique inscrite dans un projet de territoire à plus ou moins long terme (MTECT, 2022). C'est un outil qui vise à structurer et à mettre en cohérence différentes politiques publiques, à proposer une vision prospective et à réguler les marchés fonciers. Cette planification doit désormais tendre vers une transformation rendant les territoires durables, neutres en carbone et résilients : vers la transition écologique.

Dans un monde de plus en plus urbain, consommateur de ressources et producteur de richesses, la transformation des systèmes urbains est essentielle pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et assurer leur résilience. Les actions des villes ont un poids important dans la concrétisation de la transition écologique<sup>1</sup> et en constituent le principal levier. Des actions coordonnées et systémiques en matière d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, en agissant notamment *via* la planification et l'aménagement opérationnel, permettraient d'assurer une transition durable, plus juste et désirable. Les principaux éléments d'adaptation et d'atténuation dans les villes demandent entre autres : de prendre en compte les impacts et les risques liés au changement climatique dans la conception et la planification des implantations et des infrastructures ; d'aménager le territoire pour obtenir des formes urbaines

1. Et ce, grâce au périmètre de plus en plus large de compétences des territoires pouvant agir sur les formes urbaines, les mobilités, l'habitat, l'aménagement opérationnel, l'énergie, etc.

plus compactes et moins énergivores, de rapprocher les emplois et les logements ; de favoriser la multifonctionnalité ; de soutenir les transports en commun et les mobilités actives (par exemple, la marche et le vélo) ; de concevoir, construire, rénover et utiliser de façon efficace les bâtiments ; de cultiver la sobriété, de réduire les consommations d'énergie et de matériaux.

Selon le rapport du GIEC à l'intention des décideurs (2023), la planification et la mise en œuvre de l'adaptation ciblant les conséquences du changement climatique ont progressé dans tous les secteurs et dans toutes les régions, avec des avantages documentés et une efficacité variable. Malgré les progrès, des lacunes en matière d'adaptation existent et continueront de croître au rythme actuel de mise en œuvre, beaucoup trop lent par rapport aux enjeux climatiques actuels. Une mal-adaptation ou des actifs échoués sont régulièrement observables sur les territoires, dus bien souvent au manque de trajectoires prenant en considération l'évolution climatique locale et les horizons temporels du changement climatique. Ces actifs échoués résultent bien souvent d'une méconnaissance du coût global des opérations d'aménagement, mais également de la déconnexion avec les actions d'atténuation ciblant les causes du changement climatique. Néanmoins, il faut encourager les volontés, les tentatives, et certaines mal-adaptations et actifs échoués sont facilement rattrapables, à des coûts raisonnables si l'on considère les coûts de l'inaction climatique, dix fois supérieurs. Les options d'adaptation réalisables et efficaces aujourd'hui deviendront limitées et moins efficaces avec l'augmentation du réchauffement climatique : il est donc important de repenser l'aménagement opérationnel et la planification des territoires en prenant en considération les chemins possibles de la société et les évolutions climatiques à moyen et à long terme, tout en restant flexibles, non figés sur un chemin en particulier. La mauvaise adaptation peut être évitée par une planification et une mise en œuvre adaptables, multisectorielles, inclusives et, à long terme, par des actions d'adaptation, avec des co-bénéfices pour de nombreux secteurs et systèmes (GIEC, 2023).

Cet ouvrage propose de donner des clés de lecture et de compréhension des trajectoires de transition écologique au travers de différents exemples, de pistes de réflexion et de méthodologies déployées sur des territoires variés, mais aussi répliquables afin de faciliter un passage raisonné à l'action.

Qu'est-ce qu'une trajectoire ? Comment aller vers une planification « dynamique » et « adaptative » des territoires afin de répondre aux enjeux et aux temporalités du changement climatique ? Comment concilier les temporalités de la planification et celles du changement climatique ? Les contributions au sein de cet ouvrage visent à montrer le passage à l'action à partir d'outils spécifiques, mais aussi à engager une réflexion sur ces questions à partir de recherches appliquées menées par des équipes interdisciplinaires. Cet ouvrage à portée opérationnelle en France a pour ambition de mettre en pratique la planification des territoires en matière de trajectoires de transition écologique et d'inspirer les acteurs des territoires dans leurs démarches,

liées notamment au contexte de la loi Climat et Résilience. Il permet d'éclairer la planification territoriale au regard de la transition écologique dans toutes ses dimensions (environnementale, énergétique, etc.).

La première partie, dédiée au contexte français de la planification des territoires et des objectifs de transition écologique, posera les premiers jalons de cet ouvrage, donnera les clés de lecture pour ensuite « donner à voir » aux collectivités, aux aménageurs et aux urbanistes. Elle insistera sur la « pluralité des trajectoires » possibles afin de constituer un socle de réflexion. La seconde partie a pour objectif de montrer des méthodologies, des expérimentations déjà réalisées sur les trajectoires de transition écologique en matière d'adaptation, d'atténuation au changement climatique, avec des approches systémiques mais aussi sectorielles. Chacun des chapitres montrera les co-bénéfices apportés afin de ne pas dissocier l'adaptation au changement climatique de l'atténuation par exemple. Les méthodologies proposées sont répliquables à d'autres territoires. La troisième partie, plus innovante, servira d'ouverture, d'inspiration, d'incitation à la réflexion sur la planification des territoires, et se demandera comment les temporalités de la planification doivent et peuvent coïncider avec les horizons du changement climatique. Chaque contribution exprime le parti pris d'un ou de plusieurs territoires afin d'incarner une projection vers un passage à l'action.

## Bibliographie

- GIEC, 2023. Résumé à l'attention des décideurs. Changement climatique 2023 : Rapport synthétique, Contribution du groupe de travail II du 6<sup>e</sup> rapport du GIEC (Core Writing Team, H. Lee, J. Romero, eds). IPCC, Geneva, Switzerland, 42 p. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- MTECT, 2022. Planification territoriale. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/planification-territoriale#:~:text=La%20planification%20territoriale%20traduit%20une,cadre%20de%20vie%20des%20citoyens>



# PARTIE 1

## Pluralité des trajectoires

L'anticipation des devenirs possibles des territoires dans le temps est constitutive des trajectoires de transition écologique. La réflexion par « trajectoires » invite à conjuguer une approche spatiale et temporelle pour rendre plus opérationnelle la transition écologique des territoires. Plus qu'un horizon fixe, les trajectoires de transition proposent des chemins, alternatifs ou hybridés, vers un futur plus désirable. Il existe une pluralité de trajectoires de transition vers des sociétés et des villes durables, qu'il convient de débattre collectivement et démocratiquement. Cette partie illustre donc la multitude de trajectoires de transition et pose le contexte de planification territoriale en lien avec ces trajectoires.





# 1. Comprendre le contexte européen et national des trajectoires pour la transition écologique

Marie Racine

La nécessité de transformer nos sociétés pour tendre vers la neutralité carbone représente un défi considérable pour le  $xxi^e$  siècle. Les crises que nous traversons, climatiques, sanitaires et énergétiques, révèlent la vulnérabilité de nos sociétés aux effets du changement climatique et la dépendance aux énergies fossiles ; les conséquences dramatiques sont déjà perceptibles : inondations, canicules, incendies et autres événements météorologiques et/ou climatiques extrêmes. Des records de température sont constamment battus, avec un réchauffement moyen global en 2023 de  $1,40^{\circ}C$  par rapport à la période préindustrielle, entraînant l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces événements météorologiques.

Il n'y a plus de débat, la politique climatique doit être menée conjointement sur le front à la fois de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. L'atténuation regroupe toutes les politiques ou actions visant à réduire le réchauffement climatique en limitant les émissions de gaz à effet de serre (GES), alors que l'adaptation concerne les actions pour s'adapter aux conséquences déjà observées et futures du changement climatique. La politique climatique doit également limiter la vulnérabilité de nos sociétés et renforcer la résilience des territoires : un territoire résilient est capable d'anticiper des perturbations, qu'elles soient brutales ou lentes, d'en absorber les effets, de se relever et de rebondir grâce à l'apprentissage et à l'innovation, pour évoluer vers un nouvel état plus équilibré, décidé et construit collectivement (Ademe, 2022a). L'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 de l'Union européenne, adopté par la France dans la loi Énergie-Climat de 2019, s'inscrit dans cette volonté d'œuvrer en faveur de sociétés décarbonées et résilientes. La réduction de la demande en énergie est un facteur clé pour atteindre la neutralité carbone, qui requiert une division des émissions de GES par 6 par rapport au niveau de 1990, impliquant des évolutions des modes de production et de consommation ainsi que davantage de sobriété. La sobriété consiste à s'interroger sur nos besoins et à les satisfaire en limitant leurs impacts sur l'environnement dans un contexte de changement climatique et de raréfaction des ressources (Ademe, 2022b).

Il reste à définir les chemins, aussi appelés « trajectoires », pour parvenir à des sociétés résilientes et neutres en carbone en 2050. Le terme de trajectoire est polysémique selon la discipline qui l'emploie. Dans le langage courant, elle désigne une manière d'atteindre

un résultat spécifique, un plan d'action. Elle implique également une évolution dans le temps. D'après le Groupement intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2022), les trajectoires représentent les « évolutions temporelles des systèmes naturels et/ou humains vers un état futur. Le concept de trajectoire regroupe un ensemble de scénarios ou de récits quantitatifs et qualitatifs de futurs potentiels à des solutions orientées vers l'avenir, jusqu'à des processus décisionnels axés sur les solutions pour atteindre des objectifs sociétaux souhaitables. L'approche par trajectoire se concentre généralement sur des trajectoires biophysiques, techno-économiques et/ou socio-comportementales impliquant diverses dynamiques. Les manières d'atteindre la neutralité carbone sont bien diverses et relèvent de choix de sociétés alternatifs qui doivent être soumis au débat démocratique, tant leurs implications sur le plan socio-économique et technique sont cruciales. Aussi, en embrassant le temps long, le concept de trajectoire se lie à celui de la planification vers des sociétés neutres en carbone, sobres et résilientes. La planification permet de fixer un cap, tout en introduisant la possibilité de réajuster les stratégies et les plans d'action en cas de changements, prévisibles ou imprévisibles. La planification territoriale intègre également la notion d'échelle spatiale, rajoutant ainsi aux trajectoires une dimension supplémentaire.

L'élaboration de trajectoires territorialisées représente un enjeu majeur pour le succès de la transition écologique. Si l'ensemble de ces trajectoires ne pourra pas être couvert avec exhaustivité, le but de ce chapitre réside dans l'illustration de la pluralité des trajectoires de transition écologique, tant sur le plan de l'atténuation que de l'adaptation, en les confrontant à la réglementation et à la planification en France. Pourquoi l'approche temporelle et spatiale des trajectoires s'avère-t-elle pertinente pour guider les politiques publiques et la planification vers des sociétés neutres en carbone, sobres et résilientes ? Ce chapitre sera l'occasion de revenir, tout d'abord, sur les concepts et les spécificités de différentes trajectoires, concourant à la transition écologique à différentes échelles spatiales et temporelles. Puis le cadre réglementaire relatif à la transition écologique et à la planification territoriale aux échelles européennes, nationales et territoriales sera abordé au regard des trajectoires de transition.

### **Des approches plurielles et multiscales : intégrer l'incertitude dans la planification de la transition écologique**

Les travaux du GIEC démontrent l'intérêt d'une approche par les trajectoires afin de penser les chemins vers la transition écologique. Les trajectoires de transition écologique se démarquent des autres par leur intégration d'une dimension transformative vers un futur soutenable et souhaitable. Elles s'intéressent à la séquence de choix qui permet l'atteinte d'un certain objectif (neutralité carbone en 2050, société adaptée et résiliente au changement climatique) en fonction d'un contexte politique, technologique, social, économique, favorisant ou non les actions d'atténuation et d'adaptation. Ces trajectoires sont plurielles : il n'existe pas qu'une seule voie de stabilisation des émissions de

GES : plusieurs séquences d'actions alternatives permettraient d'atteindre la neutralité carbone, tout comme plusieurs trajectoires prépareraient des sociétés plus résilientes face au changement climatique.

## I Distinguer trajectoires et scénarios de transition neutres en carbone

Les trajectoires de transition neutres en carbone représentent des chemins types vers la décarbonation des sociétés et des économies souhaitables, de manière systémique (habitat, énergie, agriculture, transport, industrie, emploi). Elles s'apparentent à des trajectoires d'atténuation et impliquent différents changements et transformations sociétales, économiques et techniques pour atteindre la neutralité carbone, qu'il convient de discuter collectivement au regard de leurs implications. En fonction des trajectoires de transition, l'importance respectivement accordée à la sobriété et aux avancées technologiques est variable (chapitre 2). Concernant l'énergie, certaines trajectoires sont davantage axées sur la sobriété, quand d'autres préfèrent l'efficacité énergétique ou l'accélération du déploiement des énergies renouvelables. Dans tous les cas, la réduction de la demande d'énergie est un facteur clé de la décarbonation, mais l'impact du progrès technologique et le niveau de changement de comportement individuel et collectif diffèrent selon les trajectoires.

Il est nécessaire de distinguer les trajectoires des scénarios. Un scénario est une « représentation du futur, basée sur un jeu d'hypothèses et de conséquences issues d'une situation initiale et travaillée par des forces et des changements à un horizon donné » (Ademe, 2022c). Il articule une dimension qualitative de récit avec du quantitatif en ayant recours à des modélisations. Une trajectoire décrit plutôt l'évolution d'un système dans le temps en suivant plusieurs hypothèses dans le but de réaliser un objectif. Les scénarios de transition explorent différentes voies vers des systèmes neutres en carbone, en fonction d'un certain nombre de mesures d'atténuation et d'adaptation associées à des transformations économiques, technologiques, sociales et comportementales (Colin *et al.*, 2019).

Pour appréhender l'ampleur des transitions à l'œuvre, de nombreux organismes esquissent des scénarios pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 dans une perspective d'aide à la décision. Ces scénarios sont des représentations plausibles de situations futures sur plusieurs aspects de la transition écologique. Ils peuvent être normatifs, c'est-à-dire partir d'un objectif précis comme la neutralité carbone et montrer les chemins pour y arriver, comme les Scénarios 2050 de l'Ademe. À l'inverse, ils peuvent être exploratoires et parcourir le champ des possibles à partir des contraintes actuelles conditionnant les différentes options pour le futur. Par ailleurs, les scénarios s'intéressent notamment à la manière dont l'énergie, les infrastructures et les ressources naturelles sont produites et gérées, aux systèmes de gouvernance et au rythme des évolutions technologiques. Les scénarios et les trajectoires de transition dépendent donc de facteurs variés, dont l'objectif climatique visé, les évolutions du

contexte socio-économique, l'ampleur et la répartition des efforts entre secteurs dans le temps et l'espace, du poids donné aux technologies, du rôle des différents leviers de changements politiques, technologiques, comportementaux, et de la vision du monde de l'acteur l'élaborant (Colin *et al.*, 2019).

Pour chaque scénario de transition écologique correspondant à un futur plausible, une ou plusieurs trajectoires vont lui être associées et permettent de représenter les étapes successives des transformations nécessaires pour atteindre l'objectif fixé. Plus la mise en œuvre des politiques climatiques tarde, plus la trajectoire de réduction des émissions de GES sera brutale. Si elle n'est pas infléchie, la trajectoire actuelle pourrait mener à un réchauffement climatique moyen de 2,7°C d'ici 2100, qu'il est indispensable d'éviter pour préserver les conditions d'habitabilité de la planète. Les trajectoires visant la limitation du réchauffement climatique mondial à 1,5°C sont les plus ambitieuses, conformément à l'Accord de Paris, mais impliquent des changements structurels plus rapides.

### Encadré 1.1. Types de trajectoires de transition bas-carbone

On peut citer plusieurs types de trajectoires bas-carbone (Rosenbloom, 2017) qui se croisent et sont complémentaires :

- les trajectoires biophysiques : elles visent l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES, des concentrations atmosphériques ou de limitation des hausses de température, en fonction d'un ensemble de mutations économiques, technologiques et comportementales. Ces trajectoires sont fortement axées sur les sciences du climat (exemple : travaux du GIEC) ;
- les trajectoires techno-économiques : elles sont conçues comme des séquences d'ajustements reliant les configurations sectorielles actuelles à un futur neutre en carbone. Leur objectif principal n'est pas tant d'envisager des avenir socio-politiques souhaitables que d'établir la faisabilité technique de transformations sectorielles, notamment des systèmes énergétiques, en vue de proposer aux décideurs des plans d'action (exemple : travaux de la Stratégie nationale bas-carbone, SNBC) ;
- les trajectoires sociotechniques : elles représentent des modèles de changement au sein des systèmes sociétaux et techniques pour répondre aux besoins d'une société bas-carbone. La nature interconnectée des changements technologiques et sociaux est mise en avant, dans un système où la technique répond à des fonctions sociales particulières. L'évolution des niveaux d'émissions globales dépend également des investissements dans les technologies, qui sont conditionnés par un contexte et des capacités sociopolitiques à les mettre en œuvre. Les trajectoires socio-économiques soulignent les aspects normatifs et les implications de ces transitions mettant en relief les tensions entre valeurs et intérêts concurrents, parfois antagonistes (exemple : certains volets des travaux d'Ademe Transition(s) 2050 ; chapitre 2).