



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



HORIZONS

TRANSITION(S) 2050

CHOISIR MAINTENANT
AGIR POUR LE CLIMAT

Résumé exécutif

NOUVELLE ÉDITION 2024



UN EXERCICE de prospective...

Ambitions et objectifs de l'exercice Transition(s) 2050

La neutralité carbone à l'horizon 2050 appartient désormais au langage commun des politiques climatiques. Si sa définition est à peu près partagée, le chemin pour l'atteindre reste encore flou, voire totalement inconnu pour la plupart des décideurs et des citoyens. Or, face à l'urgence climatique, les changements à opérer sont d'une telle ampleur **qu'il est indispensable d'accélérer les décisions, d'où la publication de ce travail en novembre 2021, en prévision des débats sur la Stratégie française pour l'énergie et le climat avec quatre chemins « types », cohérents et contrastés, pour conduire la France vers la neutralité carbone.**

Depuis, le Gouvernement a avancé sur la planification écologique, en mettant en consultation une trajectoire climatique et énergétique. Dans ce contexte, les scénarios de l'ADEME restent pertinents pour nourrir les réflexions et contribuer aux débats dans la mesure où ils ont été construits sur la base d'hypothèses volontairement fortes et contrastées qui, de par leur gradation entre sobriété et

innovation, illustrent des chemins spécifiques visant à faire réfléchir décideurs et citoyens sur le modèle de société qu'ils souhaitent promouvoir pour atteindre la neutralité carbone.

Imaginé pour la France métropolitaine, ils reposent sur les mêmes données macroéconomiques, démographiques et d'évolution climatique (+ 2,1 °C en 2100). Ils aboutissent tous à la neutralité carbone du pays, mais empruntent des voies distinctes et correspondent à des choix de société différents. Ces quatre scénarios sont inspirés dans leur logique des quatre scénarios du GIEC présentés dans le rapport spécial 1,5 °C de 2018¹.

L'objectif de cet exercice est donc de :

- construire des **« profils » de scénarios** présentant une cohérence interne;
- illustrer le **champ des options possibles à long terme** pour atteindre une neutralité carbone et en explorer les diverses implications;
- éclairer les **décisions incontournables à court terme**.

¹ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf



...INEDIT et structuré

Quatre années de travaux croisés d'experts

Afin de faciliter le passage à l'action, l'ADEME a donc réalisé cet exercice de prospective inédit reposant sur quatre ans de travaux d'élaboration et la mobilisation de plus d'une centaine de collaborateurs de l'ADEME et des échanges réguliers avec un comité scientifique. Les hypothèses et modèles ont été affinés et enrichis au travers d'échanges nourris avec une centaine de partenaires et prestataires extérieurs. Depuis la première publication en novembre 2021, l'ADEME a continué à enrichir ce travail via la publication de nombreux feuillets visant notamment à mieux qualifier les impacts des scénarios.

Méthode

Pour chaque scénario, l'ADEME a construit un récit cohérent, décliné dans différents secteurs économiques, au travers de variables structurantes; ces récits ont ensuite été transformés en hypothèses quantitatives dans des modèles existants ou créés pour l'occasion; plusieurs itérations successives ont été nécessaires pour vérifier, croiser et affiner ces quantifications.

Ce travail met en lumière les interdépendances entre les secteurs et permet de conférer à chaque scénario une structure solide et cohérente. Par ailleurs, il intègre des avancées analytiques dans des domaines jusque-là peu ou mal étudiés dans les prospectives climat. Par exemple, l'évaluation et la disponibilité de la biomasse, l'évaluation des puits biologiques et technologiques de CO2 ou encore l'évolution de la production industrielle induite par celle de la consommation.

La description des scénarios couvre les secteurs de l'aménagement, du bâtiment, de la mobilité des voyageurs et du transport de marchandises, de l'alimentation, de l'agriculture, des forêts, de l'industrie, des déchets, du numérique et des services énergétiques (fossiles, bioénergies, gaz, hydrogène, chaleur et électricité).

Les paramètres étudiés couvrent notamment :

- la demande en énergies;
- les impacts sur la consommation d'eau d'irrigation, de matériaux de construction, de métaux et matériaux de la transition énergétique, d'intrants agricoles, sur l'usage des sols et les polluants atmosphériques;
- la production et la gestion de déchets;
- la production d'énergies et la composition du bouquet énergétique;
- les importations et exportations d'énergies;
- le bilan des gaz à effet de serre et les puits biologiques et technologiques de CO2;
- les empreintes matières et carbone;
- les impacts macroéconomiques et les impacts sur certaines filières potentiellement fortement impactées;
- l'adaptation au changement climatique.

Cette deuxième publication (édition 2024) présente les grands enseignements de ces travaux, enrichis des principales conclusions des 17 feuillets publiés depuis novembre 2021 (cf. page 15) qui complètent le travail initial. Sans modifier les scénarios et leurs hypothèses, ils approfondissent les premières analyses, en particulier sur les impacts environnementaux, techniques, économiques et sociaux des différents scénarios. Parmi ces résultats, il faut noter que, si tous les scénarios atteignent la neutralité carbone en 2050 sur le périmètre des émissions du territoire national, ils ont des impacts très différents, notamment sur les empreintes carbone et matières (qui intègrent les impacts liés à la fabrication des produits importés).

11 messages clés

01

Les quatre voies, présentées chacune avec sa propre cohérence (voir double-page suivante), permettent à la France d'atteindre la neutralité carbone sur le périmètre territorial en 2050 et de diminuer l'empreinte carbone. **Mais elles comportent des paris humains (surtout S1) et technologiques (surtout S4) plus ou moins forts qui font ressortir S2 et S3 comme les plus équilibrés et réalisables.**

02

La sobriété, qui consiste à nous questionner sur nos besoins et la façon de les satisfaire en limitant leurs impacts sur l'environnement, **est le meilleur moyen d'aller plus rapidement vers la neutralité carbone** tout en réduisant notre dépendance aux énergies fossiles. La sobriété est complémentaire à l'efficacité énergétique et contribue à limiter les risques associés au changement climatique ou à une crise géopolitique majeure telle que le conflit russo-ukrainien.

03

La réduction de la demande en énergie, elle-même liée à la demande de biens et de services, ainsi que le développement des énergies renouvelables, sont des facteurs clés pour atteindre la neutralité carbone. Avec une réduction de la consommation d'énergie finale de -23 % à -55 % par rapport à 2015, il est possible de mettre en place un approvisionnement énergétique basé à plus de 70 % sur les énergies renouvelables (EnR) dans tous les scénarios. La part de l'électricité s'accroît de façon notable dans tous les cas.

04

L'empreinte carbone (tous gaz à effet de serre - GES)² diminue en 2050 pour tous les scénarios par rapport à son niveau de 2015. L'empreinte matières baisse également pour S1, S2 et S3 et s'établit au niveau de 2015 pour S4. Cependant, les réductions des empreintes restent insuffisantes pour s'inscrire dans une trajectoire limitant l'élévation de la température moyenne de la planète à + 2 °C, ce qui nécessiterait de stabiliser les émissions de

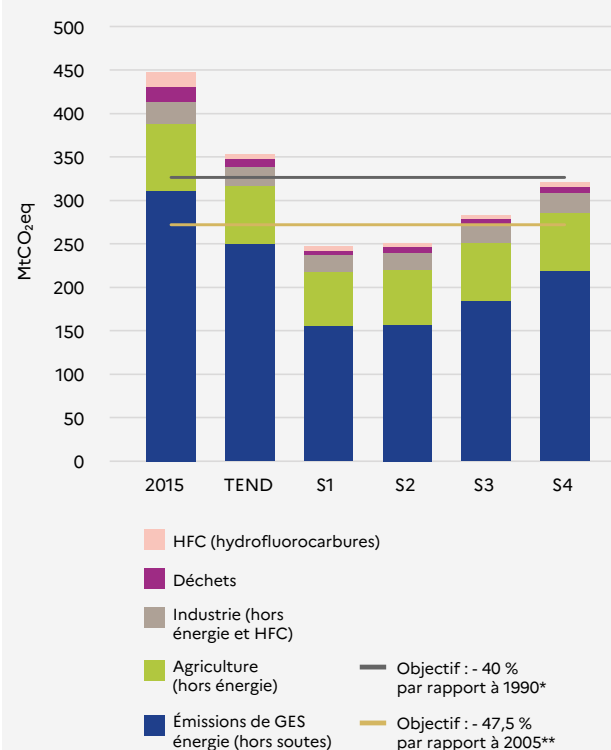
- S1 Génération frugale
- S2 Coopérations territoriales
- S3 Technologies vertes
- S4 Pari réparateur

GES autour de 2 tCO₂eq en moyenne par habitant au niveau mondial en 2050³.

05

Les pressions sur l'environnement augmentent de S1 à S4 et les impacts environnementaux sont très différents d'un scénario à l'autre. C'est particulièrement le cas pour la quantité cumulée des GES au cours des trente années de l'exercice, mais également pour l'eau d'irrigation, l'artificialisation des sols ou les polluants atmosphériques. **L'atteinte de la neutralité carbone au niveau territorial en 2050 ne saurait donc être l'unique fenêtre d'analyse et souligne les cobénéfices de la sobriété qui diminuent les différentes pressions environnementales.**

Graphique 1 Émissions de GES en 2030



* Objectif inscrit dans la loi de Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17 août 2015.

** L'objectif de baisse des émissions françaises de - 47,5% en 2030 par rapport à 2005 correspond à une cible de - 50% par rapport à 1990. Il est envisagé dans le paquet Fit for 55 pour la révision du règlement de partage de l'effort (ESR).

06

Dans les quatre scénarios, l'industrie se transforme non seulement pour s'adapter à une demande en profonde mutation mais également pour décarboner sa production. Cela nécessitera des plans d'investissements de grande ampleur avec notamment une augmentation du recyclage, et un effort de l'ensemble de la société pour accompagner les territoires en mutation et former les salariés aux nouveaux métiers.

07

Notre capacité d'adaptation au changement climatique dépend des scénarios : S1 et S2 apparaissent plus robustes grâce à la sobriété alors que S4 semble plus risqué, avec une très forte consommation de ressources. Mais, dans tous les scénarios, c'est la ressource en eau qui devient l'élément central de notre capacité à nous adapter.

08

Le vivant est l'un des atouts principaux de cette transition, permettant de combiner trois leviers stratégiques : le stockage de carbone, la production de biomasse et la réduction des gaz à effet de serre. Il est donc indispensable de maintenir un équilibre entre les usages alimentaires et énergétiques de la biomasse, avec la préservation des fonctions écologiques, comme la biodiversité et le stockage de carbone, grâce à une approche globale de la bioéconomie.

09

L'adaptation des forêts et de l'agriculture devient absolument prioritaire pour lutter contre le changement climatique. La résilience des écosystèmes est d'autant plus cruciale qu'ils en subissent de plus en plus fortement les impacts. Les événements extrêmes déjà observés pourraient générer un effondrement de certains milieux naturels et remettre en cause la faisabilité de tous les scénarios.

10

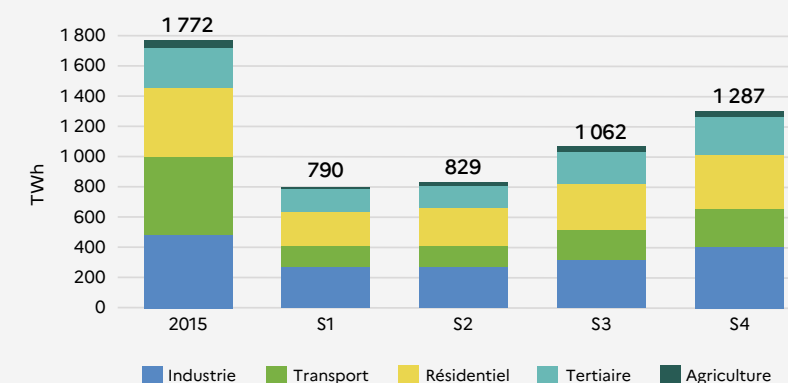
Avec les hypothèses retenues, **aucun des scénarios, y compris les plus sobres, n'engendre de récession économique à long terme** par rapport au niveau actuel de l'activité économique : trois scénarios sur quatre se traduisent même par un niveau d'activité supérieur à celui du tendanciel en 2050.

11

L'exigence de justice sociale et la transparence sont au cœur des attentes des citoyens. Ces derniers attendent que les efforts soient partagés équitablement entre tous les acteurs, y compris économiques, et que l'État joue un rôle prépondérant. Il est également attendu un renouvellement des formes démocratiques de décision et des modalités de participation citoyenne.

Graphique 2 Évolution de la consommation finale d'énergie par secteur (TWh)

Consommation finale d'énergie par secteur en 2015 et 2050
(avec usages non énergétiques hors consommation des puits technologiques et hors sources internationales)



N.B. : consommation électrique des puits technologiques non inclus car n'appartenant à aucun secteur.

² Les quatre scénarios sont neutres en carbone en 2050 sur le périmètre des émissions territoriales. L'empreinte carbone prend en compte les impacts des produits importés.

³ Quantité de gaz à effet de serre (GES) en CO₂eq émise par personne dans un monde neutre en CO₂ en 2050 pour respecter les engagements de l'Accord de Paris et maintenir l'augmentation de la température mondiale à un niveau inférieur à 2 degrés Celsius.



S1 GÉNÉRATION FRUGALE



S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES



S3 TECHNOLOGIES VERTES



S4 PARI RÉPARATEUR

MODES DE VIE	S1 GÉNÉRATION FRUGALE			S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES			S3 TECHNOLOGIES VERTES			S4 PARI RÉPARATEUR			MODES DE VIE
	Société	- Recherche de sens Frugalité choisie mais aussi contrainte - Préférence pour le local - Nature sanctuarisée 		Société	- Évolution soutenable des modes de vie Économie du partage - Équité - Préservation de la nature inscrite dans le droit		Société	- Plus de nouvelles technologies que de sobriété - Consumérisme « vert » au profit des populations solvables, société connectée - Les services rendus par la nature sont optimisés		Société	- Sauvegarde des modes de vie de consommation de masse - La nature est une ressource à exploiter - Confiance dans la capacité à réparer les dégâts causés aux écosystèmes		
	Alimentation	- Division par 3 de la consommation de viande Part du bio : 70 % 		Alimentation	Division par 2 de la consommation de viande - Part du bio : 50 % 		Alimentation	- Baisse de 30 % de la consommation de viande Part du bio : 30 % 		Alimentation	Consommation de viande quasi-stable (baisse de 10 %), complétée par des protéines de synthèse ou végétales 		
	Habitat	- Rénovation massive et rapide Limitation forte de la construction neuve (transformation de logements vacants et résidences secondaires en résidences principales)		Habitat	Rénovation massive, évolutions graduelles mais profondes des modes de vie (cohabitation plus développée et adaptation de la taille des logements à celle des ménages)		Habitat	Déconstruction-reconstruction à grande échelle de logements - Ensemble des logements rénovés mais de façon peu performante : la moitié seulement au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC)		Habitat	- Maintien de la construction neuve - La moitié des logements seulement est rénovée au niveau BBC Les équipements se multiplient, alliant innovations technologiques et efficacité énergétique		
ÉCONOMIE	Mobilité des personnes	Réduction forte de la mobilité - Réduction d'un tiers des km parcourus par personne - La moitié des trajets à pied ou à vélo 		Mobilité des personnes	Mobilité maîtrisée - 17 % de km parcourus par personne - Près de la moitié des trajets à pied ou à vélo 		Mobilité des personnes	- Mobilités accompagnées par l'État pour les maîtriser : infrastructures, télétravail massif, covoiturage + 13 % de km parcourus par personne 30 % des trajets à pied ou à vélo 		Mobilité des personnes	- Augmentation forte des mobilités + 28 % de km parcourus par personne - Recherche de vitesse 20 % des trajets à pied ou à vélo 		
	Technique	Rapport au progrès, numérique, R&D - Innovation autant organisationnelle que technique Règne des low-tech, réutilisation et réparation - Numérique collaboratif Consommation des data centers stable grâce à la stabilisation des flux		Technique	- Investissement massif (efficacité énergétique, EnR et infrastructures) - Numérique au service du développement territorial Consommation des data centers stable grâce à la stabilisation des flux		Technique	- Ciblage sur les technologies les plus compétitives pour décarboner - Numérique au service de l'optimisation - Les data centers consomment 10 fois plus d'énergie qu'en 2020		Technique	- Innovations tout azimut - Captage, stockage ou usage du carbone capté indispensable - Internet des objets et intelligence artificielle omniprésents : les data centers consomment 15 fois plus d'énergie qu'en 2020 		
	Gouvernance	Échelles de décision, coopération internationale Décision locale, faible coopération internationale - Réglementation, interdiction et rationnement <i>via</i> des quotas		Gouvernance	- Gouvernance partagée Fiscalité environnementale et redistribution - Décisions nationales et coopération européenne 		Gouvernance	- Cadre de régulation minimale pour les acteurs privés - État planificateur - Fiscalité carbone ciblée		Gouvernance	- Soutien de l'offre - Coopération internationale forte et ciblée sur quelques filières clés Planification centralisée du système énergétique		
	Territoire	Rapport espaces ruraux – urbains, artificialisation - Rôle important du territoire pour les ressources et l'action « Démétropolisation » en faveur des villes moyennes et des zones rurales		Territoire	Reconquête démographique des villes moyennes - Coopération entre territoires - Planification énergétique territoriale et politiques foncières		Territoire	Métropolisation, mise en concurrence des territoires, villes fonctionnelles 		Territoire	Faible dimension territoriale, étalement urbain, agriculture intensive 		
ÉCONOMIE	Macro-économie	Nouveaux indicateurs de prospérité (écarts de revenus, qualité de la vie...) - Commerce international contracté 		Macro-économie	- Croissance qualitative, « réindustrialisation » de secteurs clés en lien avec territoires - Commerce international régulé		Macro-économie	Croissance verte, innovation poussée par la technologie - Spécialisation régionale - Concurrence internationale et échanges mondialisés		Macro-économie	Croissance économique carbonée - Fiscalité carbone minimaliste et ciblée - Économie mondialisée		
	Industrie	Production au plus près des besoins 70 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 		Industrie	- Production en valeur plutôt qu'en volume Dynamisme des marchés locaux 80 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 		Industrie	Décarbonation de l'énergie 60 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage 		Industrie	- Décarbonation de l'industrie pariant sur le captage et stockage géologique de CO2 45 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage		

comparé des 4 scénarios

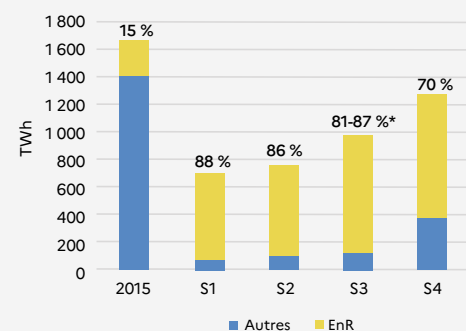
S1 Génération frugale | S2 Coopérations territoriales | S3 Technologies vertes | S4 Pari réparateur

ÉNERGIE

4 mix énergétiques variés pour 2050

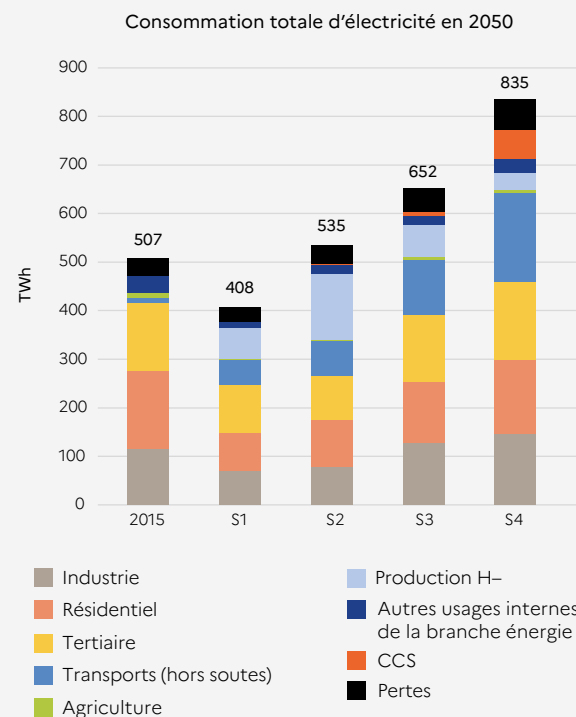
PLUS DE 70 % D'ENR DANS TOUS LES SCÉNARIOS

Consommation d'énergie et part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie en 2015 et 2050



* Valeurs dépendant des choix de politiques industrielles de développement de l'éolien flottant ou du nucléaire.

UNE CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ PLUTÔT EN HAUSSE SOUS L'EFFET DE L'ÉLECTRIFICATION DES USAGES



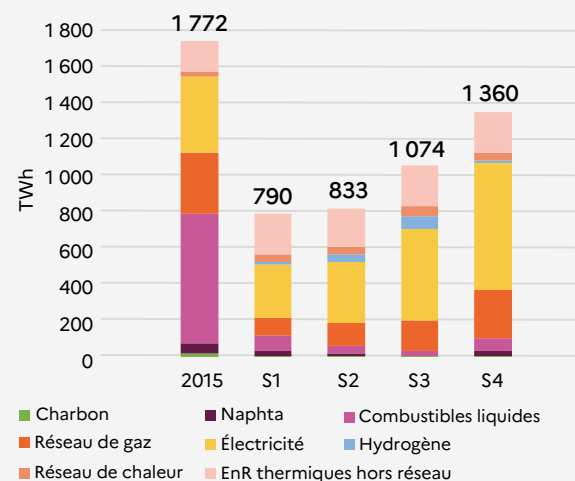
UNE PART CROISSANTE DE L'ÉLECTRICITÉ

QUASI DISPARITION DES ÉNERGIES FOSSILES

UN VECTEUR GAZ QUI CONSERVE UN TALON DE CONSOMMATION

UNE DEMANDE D'ÉNERGIE À LA BAISSÉ

Demande finale énergétique par vecteur en 2015 et 2050 (avec usages non énergétiques et hors soutes internationales)



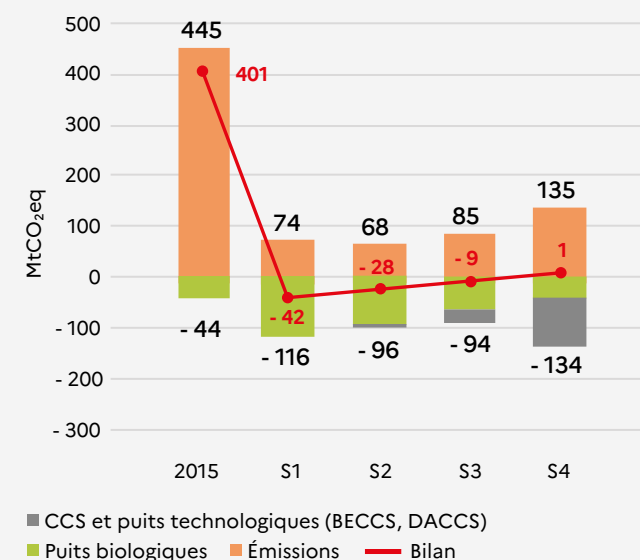
N.B. : la consommation d'énergie finale ne prend pas en compte l'énergie utilisée de façon intermédiaire pour fabriquer d'autres vecteurs énergétiques ou non énergétiques comme l'hydrogène. À titre d'illustration, la consommation d'électricité (non représentée sur ce graphique) utilisée pour fabriquer de l'hydrogène à usage énergétique est respectivement de 62 TWh, 135 TWh, 65 TWh et 33 TWh dans S1, S2, S3 et S4. La différence des demandes de consommation avec le graphique de la demande d'énergie par secteur provient de la consommation des puits technologiques qui n'est affectée à aucun secteur. La différence avec la consommation finale brute d'énergie provient de la consommation pour usages non énergétiques.

CLIMAT

Le rôle majeur des puits biologiques pour atteindre la neutralité carbone en France en 2050

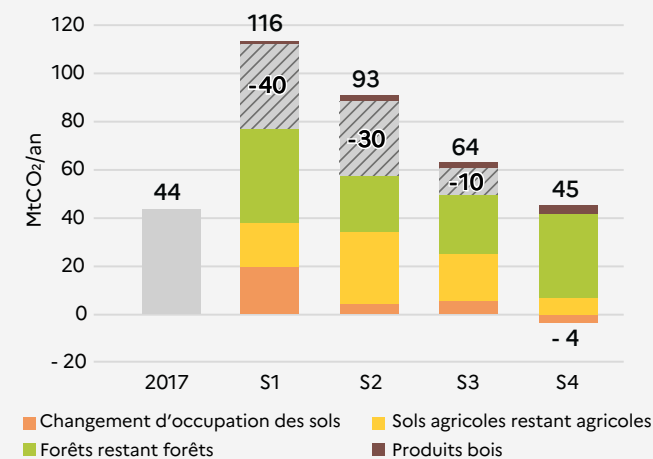
QUATRE SCÉNARIOS NEUTRES EN 2050, AVEC UN RECOURS PLUS OU MOINS IMPORTANT AUX PUIITS DE CARBONE

Bilan des émissions et des puits de CO₂ en 2015 et 2050



LES PUIITS BIOLOGIQUES EN CROISSANCE DANS S1 ET S2, GRÂCE À LA FORÊT ET AU CHANGEMENT DE PRATIQUES AGRICOLES

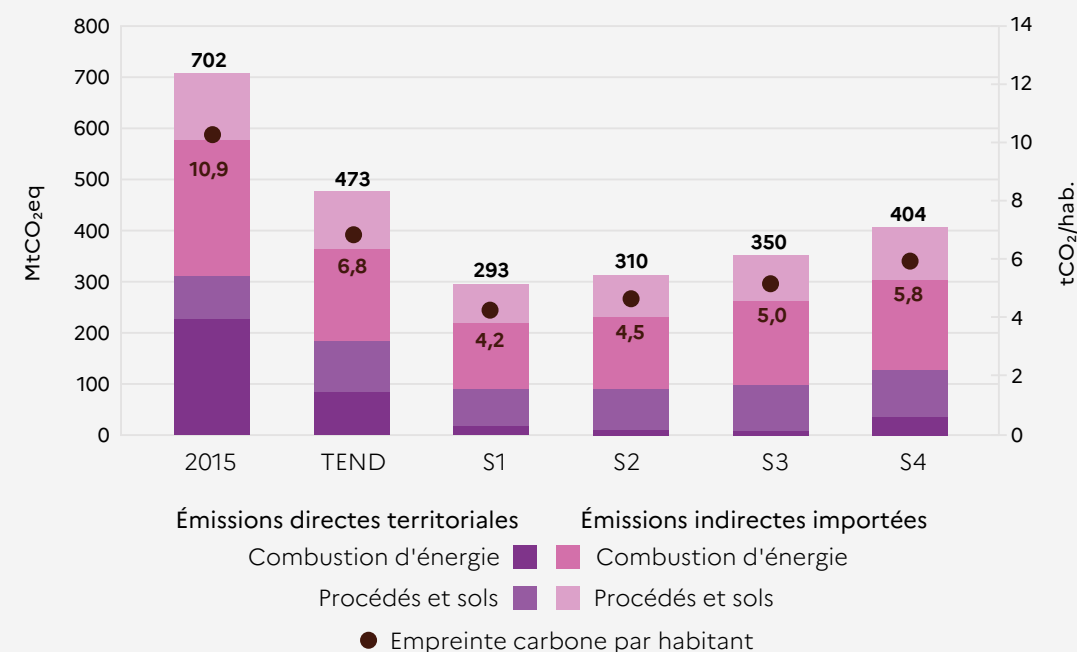
Puits naturels de carbone dans la biomasse et les sols en 2017 et 2050



N.B. : depuis novembre 2021, le puits carbone forestier 2050 a été revu à la baisse et fait l'objet de nouvelles études qui seront publiées en 2024. Pour autant, S1, S2 et S3 disposaient de marges significatives (symbolisées par des hachures dans le graphique) qui pourraient permettre l'atteinte de la neutralité carbone dans ce contexte. C'est plus incertain pour S4.

UNE EMPREINTE CARBONE QUI DIMINUE MAIS QUI RESTE AU-DESSUS DES « 2 TONNES DE GES PAR HABITANT », SANS EFFORT IMPORTANT DES AUTRES PAYS

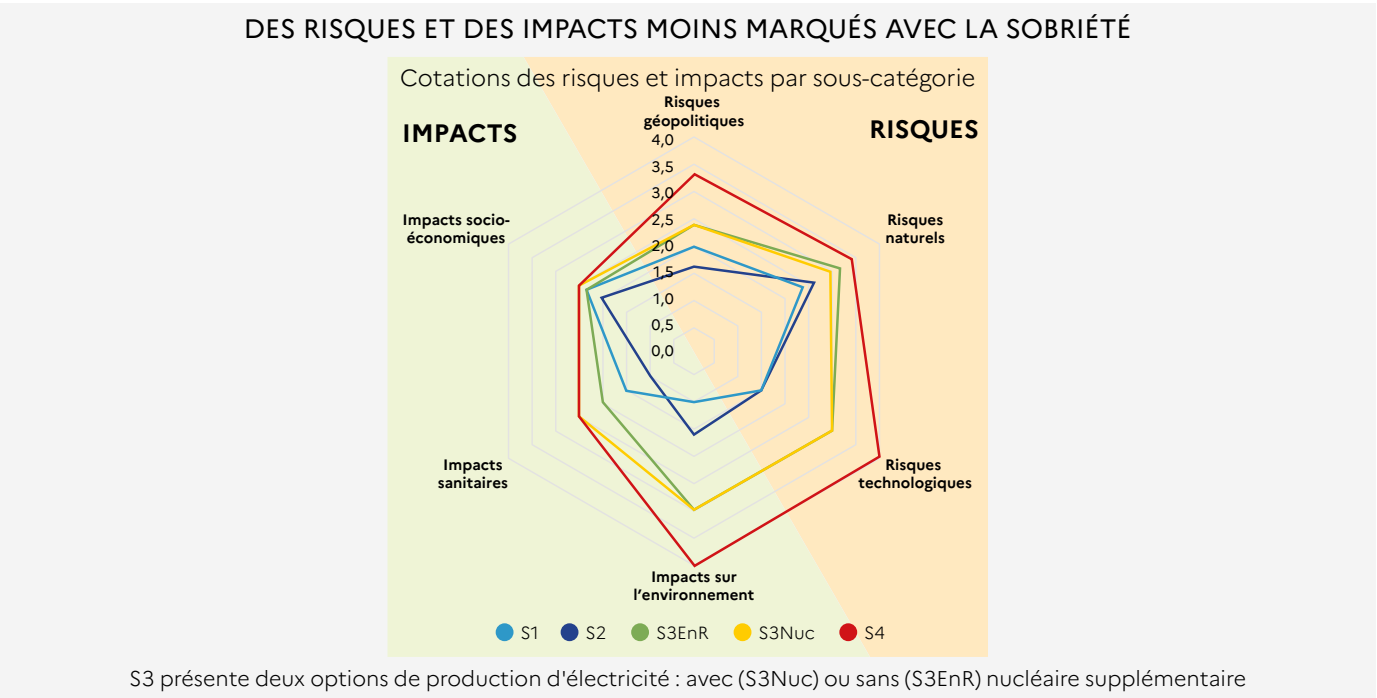
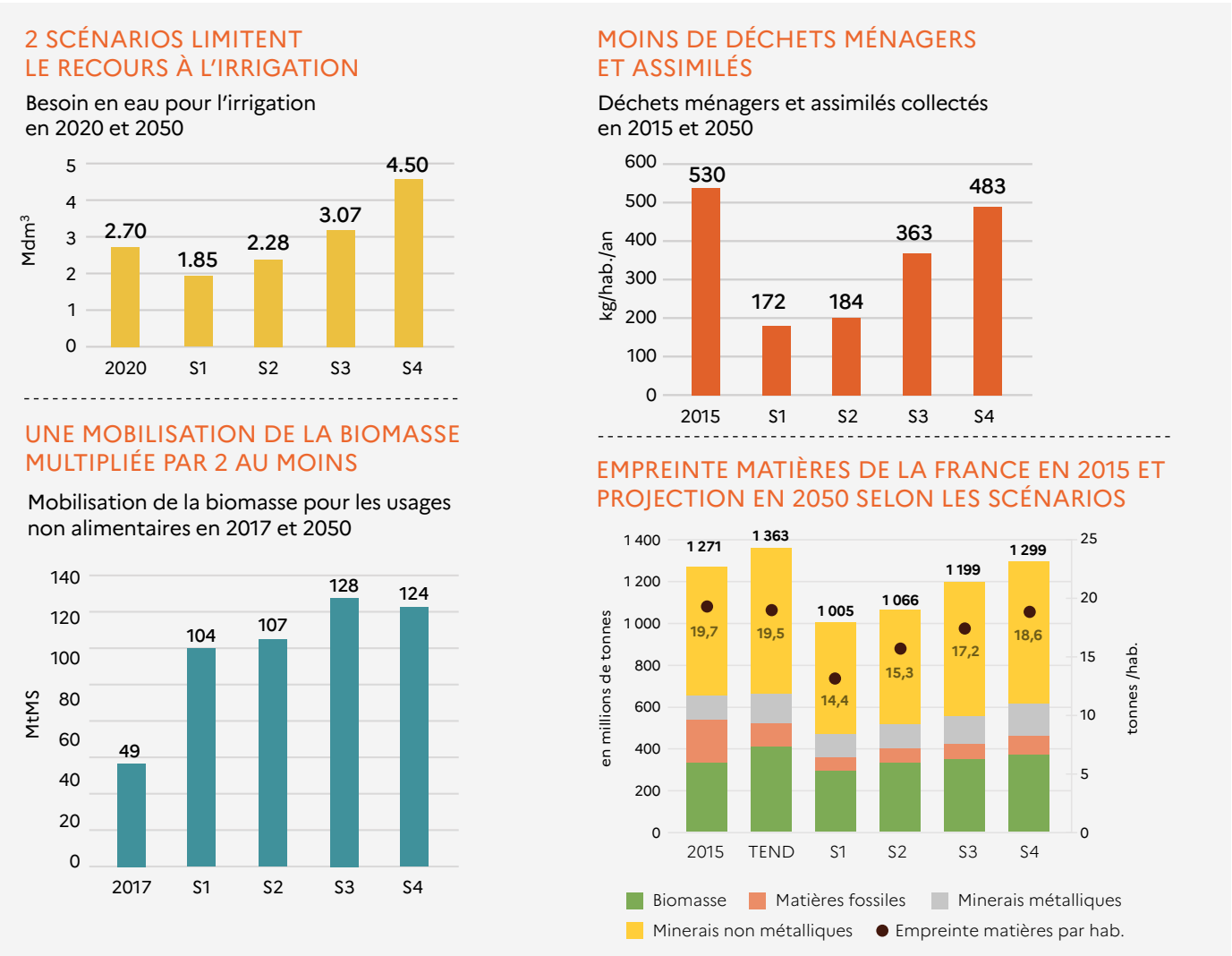
Composition de l'empreinte carbone en 2015 et projection en 2050 selon les scénarios



N.B. : en empreinte, les émissions territoriales sont exprimées hors émissions liées à la production des exportations.

RESSOURCES

Une pression contrastée sur les ressources



6 PROBLÉMATIQUES à mettre en débat

#1

La sobriété : jusqu'où ?

La décarbonation de l'énergie sera d'autant plus facilitée que la demande sera faible. Or, la réduction de cette demande est déterminée par deux facteurs : la démarche de sobriété, c'est-à-dire le questionnement des modes de vie et de consommation afin de maîtriser la demande de biens, de services et d'énergie, et l'efficacité énergétique qui permet, grâce à des technologies, de réduire la quantité d'énergie nécessaire à leur production. Mais le potentiel de l'efficacité énergétique se heurte à des limites physiques et surtout à celle des technologies disponibles.

On n'échappe donc pas à une interrogation sur la sobriété.

S4, le seul scénario qui renonce à ce levier, conduit à une fuite en avant qui paraît risquée : faute de pouvoir décarboner l'énergie, la société est réduite à dépenser d'énormes quantités d'énergie pour extraire le CO2 de l'air ambiant. Le pari technologique et économique est énorme.

S3, qui se place dans la prolongation de nos habitudes actuelles, mise sur les technologies pour augmenter le potentiel de l'efficacité énergétique, pour pouvoir se contenter d'une sobriété modérée. Cela suppose l'atteinte effective de l'équilibre entre développement de ces technologies et augmentation des consommations. Mais le temps de développement de ces technologies retarde la diminution des émissions, conduisant à un solde global d'émissions important sur la période de transition.

S1 et S2 font le choix d'une mobilisation plus importante de la sobriété en changeant la logique de développement socio-économique : une consommation réduite et des modes de vie plus raisonnés qui privilégient les liens sociaux à l'accumulation de biens matériels, ce qui correspond à des aspirations qui s'affirment de plus en plus dans nos sociétés. Ainsi, S1 et S2 développent la sobriété d'usage (déplacement à pied ou à vélo, commerces de proximité privilégiés...), la sobriété dimensionnelle (allègement du poids des véhicules...) et la sobriété coopérative (habitat plutôt collectif, location d'équipements qu'on utilise peu souvent plutôt que de les acquérir...). Cette sobriété permet de sécuriser l'atteinte de la neutralité carbone : les émissions résiduelles sont plus facilement compensées par les puits de carbone naturels et la chute des émissions est suffisamment rapide pour que la somme des émissions sur toute la durée de la transition reste modérée. Elle permet également de réduire les empreintes carbone et matières, les impacts sur l'environnement et, indirectement, de rendre notre société plus robuste aux risques climatiques ou géopolitiques.



La sobriété heurte cependant le mode de pensée dominant de la culture consumériste du monde moderne. Elle est souvent perçue comme une privation et s'avère clivante : ce qui semble être une privation pour une génération ou un individu donné peut au contraire apparaître comme une évidence pour un autre. Or, la mise en œuvre à grande échelle de politiques de sobriété nécessite des transformations sociales rapides et fortes, qui peuvent rencontrer de fortes résistances. S2 surmonte cette difficulté par la recherche d'un consensus social au travers d'une gouvernance ouverte, mais ceci ralentit le rythme de la transformation. S1, qui a des objectifs de sobriété beaucoup plus forts et plus rapides, doit inévitablement recourir en parallèle à la contrainte via la réglementation ou le rationnement via des quotas, ce qui impose un important effort d'explication et des compensations pour la faire accepter. La difficulté à y parvenir fait courir le risque de clivages forts, voire violents, au sein de la société.

Enfin, **le questionnement sur la sobriété ne peut être disjoint de celui sur les inégalités** : d'un côté les modes de vie actuels semblent s'accommoder des inégalités dans l'accès aux produits et services ; de l'autre, le choix de la sobriété impose de faire un réel effort d'équité, la diminution de la consommation ne pouvant être envisagée pour la partie de la population la plus modeste.

#2

Peut-on s'appuyer uniquement sur les puits naturels de carbone pour atteindre la neutralité ?

Les quatre scénarios montrent que l'atteinte de la neutralité carbone ne peut pas se passer des puits naturels de CO₂ (plantes, sols et produits⁴) car leur potentiel est très important par rapport aux puits technologiques (captage et stockage du CO₂). Mais l'analyse doit tenir compte des estimations publiées en 2023 sur le puits carbone forestier qui sont plus défavorables que celles prévues lors des simulations (2020-2021).

Dans S1 et S2, ces puits biologiques agricoles et forestiers sont maximisés et sont suffisants (ou quasiment suffisants dans S2), malgré les estimations revues à la baisse du puits carbone forestier, grâce à une demande en énergie faible permettant de limiter les prélèvements de biomasse (en particulier en forêts). Il est ainsi possible de conserver un équilibre entre exploitation de la biomasse pour décarboner, fourniture des services aux humains (loisirs, matériaux...) et faible exploitation des forêts pour préserver les services rendus par la nature (biodiversité, qualité de l'eau...). L'agriculture, avec le développement de l'agroécologie et des « pratiques stockantes », ainsi que la très faible artificialisation des sols permettent également de préserver la fonction « puits » des sols. Mais cela nécessite des évolutions dans nos modes de vie qui peuvent ne pas être consensuelles.

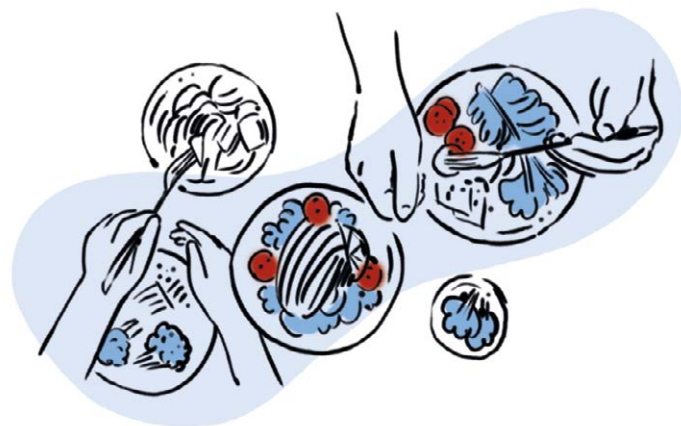
Dans S3 et S4, le niveau d'émissions à compenser augmente et l'exploitation plus importante des milieux naturels diminue le potentiel des puits : les puits technologiques deviennent donc d'autant plus nécessaires que le niveau initial du puits carbone forestier a été drastiquement revu à la baisse en 2023.

Si S3 arrive à un équilibre satisfaisant entre puits naturels et puits technologiques, S4 se voit contraint de déployer des technologies de captage du CO₂ dans l'air qui consomment beaucoup d'électricité, qui ne sont pas matures aujourd'hui et dont on ne sait si elles le seront à temps et à quel prix. Dans ces deux scénarios, il faut stocker dans le sous-sol tout ou partie du CO₂ capté, ce qui pose des questions d'acceptation.

Sobriété, gestion de la biomasse et puits naturels sont donc intimement liés. Mais les puits naturels sont fragiles et vulnérables face au changement climatique. Sauf à faire d'énormes efforts de sobriété comme dans S1, les autres scénarios ne peuvent donc faire l'impasse d'une réflexion sur les ambitions à consacrer :

- à une politique active de développement des puits agricoles et forestiers, avec des cobénéfices probables sur la biodiversité et l'adaptation au changement climatique ;
- au développement de technologies de captage, utilisation et stockage du CO₂ pour éviter de ne dépendre que des puits naturels dont le potentiel de développement reste incertain.

⁴ Les océans, autres puits naturels d'importance, n'ont pas pu être pris en compte dans l'exercice, ce qui n'enlève rien aux conclusions générales.



#3

Qu'est-ce qu'un régime alimentaire durable ?

L'alimentation est l'un des enjeux majeurs mondiaux, avec le doublement prévu des besoins alimentaires à l'horizon 2050. En France, l'alimentation est responsable du quart de l'empreinte carbone et est à la croisée de multiples enjeux de santé et d'environnement, notamment la préservation de la biodiversité, de la qualité de l'eau et des sols. Enfin, l'alimentation est aussi au cœur de nos pratiques sociales.

La part de protéines animales dans les repas est un des facteurs de premier ordre sur l'impact environnemental de l'alimentation.

À titre d'exemple, la surface agricole mobilisée (en empreinte) pour nourrir un Français moyen passe du simple au quadruple entre un régime purement végétal et un régime très carné.

Les quatre scénarios montrent que l'on ne peut pas considérer le régime alimentaire indépendamment des autres enjeux du vivant : quelle contribution attend-on de la biomasse pour la production de matériaux et d'énergie ? Quel rôle veut-on donner aux puits de carbone naturels ? Quelle adaptation de l'agriculture au changement climatique qui l'affecte d'ores et déjà ?

À part S4 qui mise sur le captage technologique du CO₂ dans l'air, tous les autres scénarios font évoluer le régime alimentaire moyen des Français vers moins de protéines carnées tout en privilégiant la viande de qualité. Ceci présente de multiples cobénéfices : libérer des terres agricoles en France et hors de France, faciliter la conversion en bio des systèmes agricoles et privilégier des systèmes moins intensifs (systèmes herbagers), relocaliser des productions et favoriser la résilience des territoires, réduire notre impact sur les écosystèmes (déforestation importée). Les trois premiers scénarios montrent cependant que différents modèles agricoles et alimentaires sont possibles, à condition de les développer en cohérence avec les autres dimensions de la transition.

#4

Artificialisation, précarité, rénovation : une autre économie du bâtiment est-elle possible ?

Les bâtiments résidentiels et tertiaires représentent aujourd'hui près de la moitié de la consommation d'énergie nationale et près d'un quart des émissions de GES ; ils consomment 51 millions de tonnes de matériaux par an pour leur construction et participent directement à l'artificialisation des sols. Sur le plan social, le logement représente 30 % du budget des ménages, la précarité énergétique touche plus de 5 millions de ménages et le mal-logement concerne 4 millions de personnes.

À côté de cela, les tendances récentes aboutissent à une certaine multiplication des équipements et à une utilisation de surfaces de bâtiment croissante (décohabitation, logements et bureaux vacants, développement des résidences secondaires).

Dans S1 et S2, il est possible de limiter les impacts du bâtiment non seulement par une réhabilitation massive et efficace mais également par l'abandon du rêve de maison individuelle au profit d'un habitat collectif respectant l'intimité de chacun, mais plus convivial et développant le partage de pièces entre plusieurs appartements ou d'équipements (machines à laver par exemple), la transformation des résidences secondaires en habitat principal ou encore la sobriété dans l'usage des équipements électriques et numériques. Mais ces changements de société ne sont pas faciles. S3 et S4 misent plus sur la technologie et sur la construction neuve (en particulier S3 qui est un scénario haussmannien de déconstruction/reconstruction) mais avec une consommation de matières et d'énergie (production du ciment et des matériaux) très élevée nécessitant de nouvelles carrières ou des extensions de plus en plus mal acceptées par les populations environnantes.

Les choix sur le bâtiment ont des conséquences sur le modèle industriel : la consommation massive de ciment et d'acier augmente fortement les émissions de l'industrie. Les modèles de S1 et S2, fondés sur la rénovation, vont ainsi de pair avec un modèle industriel plus sobre fondé sur l'économie circulaire. En matière sociale, les emplois créés dans la rénovation massive des logements, ce qui nécessite d'anticiper les besoins de montée en compétence, pourraient plus que compenser les pertes de ceux de l'industrie de la construction neuve.



#5

Vers un nouveau modèle industriel : la sobriété est-elle dommageable pour l'industrie française ?



Par opposition aux trente années passées, il est aujourd'hui communément admis que **relocaliser l'industrie en France est vital pour notre économie et sa résilience, en particulier au vu des conséquences de la crise liée à la Covid-19 et à celle du conflit russo-ukrainien. Cette relocalisation ne va toutefois pas de soi dans un monde globalisé et ne sera pas sans impact.** La compétitivité de l'industrie va être développée avec deux leviers plus ou moins activés suivant les scénarios : un nouveau modèle industriel privilégiant la qualité à la quantité et fondé sur l'économie circulaire (S1 et S2) ou un modèle plus quantitatif, mais avec des procédés et des énergies décarbonés (S3 et S4).

Dans S1 et S2, l'industrie doit revoir son modèle d'affaires avec une production diminuée en tonnage de matériaux et de biens de consommation (- 38 % dans S1 et - 26 % dans S2) en raison de la sobriété des consommateurs (citoyens, entreprises et collectivités). Cela passera par des produits de qualité, plus chers mais durables, écoconçus, réparables, réutilisables et recyclables. Mais également par le développement de l'économie de la fonctionnalité, c'est-à-dire la vente d'un service plutôt que du produit, qui allie économie de matières et économie d'énergie pour une économie circulaire. Ces scénarios limitent par ailleurs le risque de « fuites de carbone » en évitant la délocalisation des industries lourdes dans des pays à plus faible fiscalité carbone ; dans S2, cela va jusqu'à la réindustrialisation (amélioration du solde commercial) pour certains secteurs ciblés dont la production est décarbonée.

Dans S3, la production industrielle est en légère baisse (- 14 % en tonnage). Elle reste stable dans S4, avec toutefois une dégradation de la balance commerciale sur les secteurs de l'industrie lourde, pouvant potentiellement conduire à des « fuites de carbone ». Les défis industriels sont alors dans l'efficacité énergétique et la décarbonation de l'énergie (énergies renouvelables ou captage et stockage de CO₂).

Dans tous les cas, ces évolutions doivent s'accompagner :

- de plans d'investissements de grande ampleur, tant pour la massification de technologies matures que pour l'émergence d'innovations de rupture dans les procédés industriels. En effet, l'efficacité énergétique et la décarbonation deviennent des facteurs clés de compétitivité ;
- de politiques d'emplois-formations ambitieuses et d'accompagnement des territoires touchés par les mutations industrielles.

Dans ce cadre, se pose la question de la place des politiques publiques pour accompagner ces transformations, que ce soit en matière de dispositifs de soutien ou d'aménagement du territoire.

#6

L'eau : enjeu majeur d'adaptation au changement climatique⁵



L'eau est indispensable à la vie des plantes, des animaux et des humains. Elle est plus largement indispensable dans notre économie et partout dans le monde. Jusqu'à présent, l'eau était suffisamment abondante en France pour tous les services, à part quelques épisodes de canicules, mais c'est de moins en moins le cas depuis le début du siècle et le phénomène devrait s'accroître. Les épisodes de sécheresse se succèdent d'une année sur l'autre, voire se présentent dès l'hiver, comme en début d'année 2023.

Depuis 2018, environ 300 000 hectares de forêts auraient été affectés par le dépérissement, en grande partie en lien, selon l'ONF, avec le manque d'eau. Cela signifie moins de production de bois comme puits de carbone, réserve de biodiversité, de matériaux et d'énergie, et plus de risque d'incendie, d'attaque d'agents pathogènes ou d'insectes. Même constat dans l'agriculture, avec des baisses de production et de rendement, variables suivant les cultures et les régions.

Les solutions d'adaptation au changement climatique, notamment celles fondées sur la nature, permettent, entre autres, grâce au vivant et à l'évapotranspiration, de mieux gérer la ressource en eau et de limiter les îlots de chaleur urbains.

Économiser l'eau, comme économiser l'énergie et les matières premières, devient donc un enjeu majeur pour nos sociétés en conciliant sobriété des usages, chasse aux gaspillages, efficacité technologique, adaptation des variétés végétales et pratiques culturelles, ce qui n'est pas sans difficulté pour les différents acteurs concernés. Des évolutions qui prennent du temps et qui doivent être accompagnées.

S1 et S2, les scénarios sobres, tous usages confondus, sont de fait les plus résilients face à cette raréfaction. C'est particulièrement vrai pour la consommation d'eau d'irrigation qui reste inférieure à celle de 2015 mais qui ne garantit pas l'absence de problème. En revanche, S3 et S4, en cherchant surtout à développer l'offre, sont plus consommateurs d'eau d'irrigation (+ 66 % par rapport à 2015 dans S4). S4 va dans le sens d'une libéralisation accrue, avec une possibilité de marché, à terme, de l'eau : les conséquences économiques, environnementales et sociales sont encore difficilement appréhendables dans leur globalité et potentiellement risquées. De ce point de vue, l'eau sera un des enjeux majeurs d'adaptation au changement climatique.

Limites et perspectives d'approfondissement

Comme pour tout exercice de prospective, certaines limites demeurent :

- **Les effets du changement climatique** sur le fonctionnement des infrastructures, des systèmes et des organisations, ainsi que sur les comportements, sont surtout pris en compte pour les secteurs agricoles, forestiers, bâtiments, infrastructures de transport et réseau électrique, faute de travaux de référence et d'outils de modélisation pour les autres secteurs ;
- La juxtaposition de scénarios construits sur des forces motrices très différentes peut laisser penser que ceux-ci bénéficient du même **niveau d'expertise et de retours d'expériences**. Or les connaissances en matière de sobriété ou de puits de carbone sont

bien moins développées que celles sur l'efficacité énergétique ou les énergies renouvelables qui bénéficient d'études et de recherches depuis plusieurs décennies ;

- **L'évaluation des conséquences sur la biodiversité** rencontre des difficultés méthodologiques liées au manque de connaissances et au fait que les données de l'exercice ne sont pas précisément localisées. Pour autant, la préoccupation de la biodiversité n'est pas absente des travaux ;
- **Le « reste du monde » est considéré comme un tout** qui prend le même chemin que la France métropolitaine et, à ce titre, ne bénéficie pas d'une modélisation fine.

FEUILLETONS PUBLIES

depuis novembre 2021

17 feuillets Transition(s) 2050 ont été publiés depuis novembre 2021 :

- Mix électrique
- Logistique des derniers kilomètres
- Les matériaux pour la transition énergétique
- Gaz et carburants liquides
- Les effets macroéconomiques
- Territoires
- Adaptation au changement climatique
- Qualité de l'air
- Sols
- Numérique
- Modes de vie
- Empreintes carbone et matières
- Protéines
- Adaptation du système électrique au changement climatique
- Construction neuve
- Effets distributifs entre différents types de ménages
- Sobriété

Ce document est édité par l'ADEME.

Retrouvez les scénarios ADEME en ligne sur www.ademe.fr/les-futurs-en-transition

Crédits photo : ADEME, Getty Images

Illustrations : Stéphane Kiehl

Conception éditoriale et graphique : bearideas

Dépôt légal : © ADEME Éditions, mars 2024



La version numérique de ce document est conforme aux normes d'accessibilité PDF/UA (ISO 14289-1), WCAG 2.1 niveau AA et RGAA 4.1 à l'exception des critères sur les couleurs. Son ergonomie permet aux personnes handicapées moteurs de naviguer à travers ce PDF à l'aide de commandes clavier. Accessible aux personnes déficientes visuelles, il a été balisé de façon à être retranscrit vocalement par les lecteurs d'écran, dans son intégralité, et ce à partir de n'importe quel support informatique.

Version e-accessible par DocAxess

⁵ <https://bibliothèque.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/5440-prospective-transitions-2050-feuilleton-adaptation-au-changement-climatique.html>

RÉSUMÉ EXÉCUTIF TRANSITION(S) 2050

« **Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat** » est une prospective qui peint quatre chemins cohérents et contrastés pour atteindre la neutralité carbone en France en 2050. Ils visent à articuler les dimensions technico-économiques avec des réflexions sur les transformations de la société qu'elles supposent ou qu'elles suscitent.

Cette nouvelle édition du résumé exécutif permet d'avoir une vision globale des principales conclusions à retenir de l'ensemble des travaux constituant Transition(s) 2050, à savoir le rapport complet de novembre 2021 et les 17 feuillets parus depuis cette date. Les 11 messages clés issus de ce travail et les 6 problématiques soulevées invitent le lecteur à se questionner sur les enjeux à considérer pour arriver à la neutralité carbone en 2050.

Cet ouvrage est le résultat d'un travail de plus de quatre ans mené par l'ADEME, en interaction avec des partenaires extérieurs, afin d'éclairer les décisions à prendre dans les années à venir. Car le but n'est pas de proposer un projet politique ni « la » bonne trajectoire, mais de rassembler des éléments de connaissances techniques, économiques et environnementales afin de faire prendre conscience des implications des choix sociétaux et techniques qu'entraîneront les chemins qui seront choisis.

011629