



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité



HORIZONS

# TRANSITION(S) 2050

CHOISIR MAINTENANT  
AGIR POUR LE CLIMAT

Résumé exécutif



# Un exercice de prospective inédit et structuré

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

La neutralité carbone à l'horizon 2050 appartient désormais au langage commun des politiques climatiques internationales, européennes, nationales. 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 débats dès maintenant, compte tenu des délais de prise de décisions dans un cadre démocratique, comme de ceux de leur mise en œuvre.

Quatre chemins « types », cohérents et contrastés, pour conduire la France vers la neutralité carbone.

L'ADEME n'entend pas proposer « la » bonne trajectoire, car la trajectoire qui sera décidée relève de choix politiques à prendre face à de multiples incertitudes et en cohérence avec un projet de société. Aussi l'ADEME a-t-elle privilégié de soumettre au débat, à la veille de l'élection présidentielle de 2022 et en amont des délibérations collectives sur la Stratégie Française Énergie Climat, quatre chemins « types », cohérents et contrastés, pour conduire la France vers la neutralité carbone. Ces quatre chemins de neutralité carbone sont mis en regard d'un scénario tendanciel s'inscrivant dans la prolongation des tendances actuelles à 2050.

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 2018<sup>1</sup>.

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**.

## Deux 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 deux ans de travaux d'élaboration, la mobilisation 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, spécialistes des différents domaines ainsi que par l'organisation de deux webinaires, en mai 2020 et janvier 2021, qui ont réuni près de 500 participants chacun afin d'échanger sur les résultats intermédiaires.

## Méthode

Pour chaque scénario, l'ADEME a construit un récit cohérent, décliné dans chaque secteur économique et social, 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 a mis 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 CO<sub>2</sub> ou encore l'évolution de la production industrielle induite par celles de la consommation.

La description des scénarios couvre les secteurs 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 et des services énergétiques (fossiles, bio-énergies, gaz, hydrogène, chaleur et électricité).

Les paramètres étudiés couvrent notamment :

- la demande en énergies ;
- la consommation d'eau d'irrigation, de matériaux de construction, d'intrants agricoles et l'usage des sols ;
- la production et la gestion de déchets ;
- la production d'énergies et la composition du bouquet énergétique ;
- les importations et exportations ;
- le bilan des gaz à effet de serre et les puits biologiques et technologiques de CO<sub>2</sub>.

Cette première publication présente les grands enseignements de ces travaux mais certains résultats de modélisations qui n'ont pu être lancés qu'après les résultats définitifs des hypothèses sectorielles seront présentés sous forme de feuillets entre janvier et mars 2022. C'est le cas pour le mix électrique, l'empreinte matière et l'empreinte gaz à effet de serre, ou encore les impacts macroéconomiques, qui ne sont présentés que qualitativement dans cette publication.

# 9 messages clés

## 01

Les quatre voies présentées, chacune dotée de sa propre cohérence, permettent à la France d'atteindre la neutralité carbone en 2050. **Mais toutes sont difficiles et nécessitent une planification orchestrée des transformations, associant État, territoires, acteurs économiques et citoyens.**

## 02

**Atteindre la neutralité repose sur des paris forts**, aussi bien sur le plan humain (changements de comportements) que technologique (puits de carbone en particulier). Tous les scénarios comportent donc une part de risque. Mais tous n'entraînent pas les mêmes conséquences environnementales, sociales et économiques.

## 03

**Pour tous les scénarios, il est impératif d'agir rapidement : les transformations socio-techniques à mener sont d'une telle ampleur** qu'elles mettront du temps à produire leurs effets. Il faut entreprendre dès cette décennie la planification et la transformation profonde des modes de consommation, de l'aménagement du territoire, des technologies et des investissements productifs.

## 04

**La réduction de la demande en énergie, elle-même liée à la demande de biens et de services, est le facteur clé pour atteindre la neutralité carbone.** Cette réduction peut aller de 23 % à 55 % par rapport à 2015 suivant les scénarios, chacun reposant sur un équilibre différent entre sobriété et efficacité énergétique.

## 05

**L'industrie va devoir se transformer** 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 et un effort de l'ensemble de la société pour accompagner les territoires en mutation et former les salariés aux nouveaux métiers.

## 06

**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.

## 07

**L'adaptation des forêts et de l'agriculture devient donc 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.

## 08

**La pression sur les ressources naturelles varie considérablement d'un scénario à l'autre.** C'est particulièrement le cas pour l'eau d'irrigation ou les matériaux de construction, dont les volumes consommés varient d'un facteur 2 entre certains scénarios.

## 09

**Dans tous les scénarios, en 2050 l'approvisionnement énergétique repose à plus de 70 % sur les énergies renouvelables** et l'électricité est le principal vecteur énergétique. Pour autant, cela ne peut en aucun cas légitimer le gaspillage d'énergies, afin de limiter la pression sur les ressources.

<sup>1</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15\\_Summary\\_Volume\\_french.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf)



## S1 GÉNÉRATION FRUGALE



## S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES



## S3 TECHNOLOGIES VERTES



## S4 PARI RÉPARATEUR

MODES DE VIE	<b>Société</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche de sens</li> <li><b>Frugalité choisie mais aussi contrainte</b></li> <li>Préférence pour le local</li> <li>Nature sanctuarisée</li> </ul>	
	<b>Alimentation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Division par 3 de la consommation de viande</li> <li><b>Part du bio : 70 %</b></li> </ul>	
	<b>Habitat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rénovation massive et rapide</li> <li><b>Limitation forte de la construction neuve</b> (transformation de logements vacants et résidences secondaires en résidences principales)</li> </ul>	
	<b>Mobilité des personnes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Réduction forte de la mobilité</b></li> <li>Réduction d'un tiers des km parcourus par personne</li> <li>La moitié des trajets à pied ou à vélo</li> </ul>	
ÉCONOMIE	<b>Technique</b> Rapport au progrès, numérique, R&D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovation autant organisationnelle que technique</li> <li><b>Règne des low-tech</b>, réutilisation et réparation</li> <li>Numérique collaboratif</li> <li><b>Consommation des data centers stable</b> grâce à la stabilisation des flux</li> </ul>	
	<b>Gouvernance</b> Échelles de décision, coopération internationale	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Décision locale</b>, faible coopération internationale</li> <li>Réglementation, interdiction et rationnement <i>via</i> des quotas</li> </ul>	
	<b>Territoire</b> Rapport espaces ruraux – urbains, artificialisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rôle important du territoire pour les ressources et l'action</li> <li><b>« Démétropolisation »</b> en faveur des villes moyennes et des zones rurales</li> </ul>	
	<b>Macro-économie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Nouveaux indicateurs de prospérité</b> (écarts de revenus, qualité de la vie...)</li> <li>Commerce international contracté</li> </ul>	
	<b>Industrie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Production au plus près des besoins</b></li> <li>70 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>Évolution soutenable des modes de vie</li> <li><b>Économie du partage</b></li> <li>Équité</li> <li>Préservation de la nature inscrite dans le droit</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Division par 2 de la consommation de viande</b></li> <li>Part du bio : 50 %</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rénovation massive, <b>évolutions graduelles mais profondes des modes de vie</b> (cohabitation plus développée et adaptation de la taille des logements à celle des ménages)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Mobilité maîtrisée</b></li> <li>- 17 % de km parcourus par personne</li> <li>Près de la moitié des trajets à pied ou à vélo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement massif (efficacité énergétique, EnR et infrastructures)</li> <li>Numérique au service du développement territorial</li> <li><b>Consommation des data centers stable</b> grâce à la stabilisation des flux</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gouvernance partagée</li> <li><b>Fiscalité environnementale</b> et redistribution</li> <li>Décisions nationales et coopération européenne</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Reconquête démographique des villes moyennes</b></li> <li>Coopération entre territoires</li> <li>Planification énergétique territoriale et politiques foncières</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Croissance qualitative, <b>« réindustrialisation »</b> de secteurs clés en lien avec territoires</li> <li>Commerce international régulé</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Production en valeur plutôt qu'en volume</li> <li><b>Dynamisme des marchés locaux</b></li> <li>80 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Plus de nouvelles technologies que de sobriété</b></li> <li>Consumérisme « vert » au profit des populations solvables, société connectée</li> <li>Les services rendus par la nature sont optimisés</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de 30 % de la consommation de viande</li> <li><b>Part du bio : 30 %</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Déconstruction-reconstruction</b> à grande échelle de logements</li> <li>Ensemble des logements rénovés mais de façon peu performante : la moitié seulement au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mobilités accompagnées par l'État pour les maîtriser : infrastructures, télétravail massif, covoiturage</li> <li><b>+ 13 % de km parcourus par personne</b></li> <li>30 % des trajets à pied ou à vélo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciblage sur les <b>technologies les plus compétitives pour décarboner</b></li> <li>Numérique au service de l'optimisation</li> <li>Les <b>data centers</b> consomment 10 fois plus d'énergie qu'en 2020</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadre de <b>régulation minimale</b> pour les acteurs privés</li> <li>État planificateur</li> <li>Fiscalité carbone ciblée</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Métropolisation</b>, mise en concurrence des territoires, villes fonctionnelles</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Croissance verte</b>, innovation poussée par la technologie</li> <li>Spécialisation régionale</li> <li>Concurrence internationale et échanges mondialisés</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Décarbonation de l'énergie</b></li> <li>60 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>Sauvegarde des modes de vie de <b>consommation de masse</b></li> <li>La nature est une ressource à exploiter</li> <li>Confiance dans la capacité à réparer les dégâts causés aux écosystèmes</li> </ul>		<b>Société</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consommation de viande quasi-stable (baisse de 10 %), complétée par des <b>protéines de synthèse ou végétales</b></li> </ul>		<b>Alimentation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maintien de la <b>construction neuve</b></li> <li>La moitié des logements seulement est rénovée au niveau BBC</li> <li><b>Les équipements se multiplient</b>, alliant innovations technologiques et efficacité énergétique</li> </ul>		<b>Habitat</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation forte des mobilités</li> <li>+ 28 % de km parcourus par personne</li> <li>Recherche de <b>vitesse</b></li> <li>20 % des trajets à pied ou à vélo</li> </ul>		<b>Mobilité des personnes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovations tout azimut</li> <li>Captage, stockage ou usage du carbone capté indispensable</li> <li>Internet des objets et intelligence artificielle omniprésents : les <b>data centers</b> consomment <b>15 fois plus d'énergie</b> qu'en 2020</li> </ul>		<b>Technique</b> Rapport au progrès, numérique, R&D
<ul style="list-style-type: none"> <li>Soutien de l'offre</li> <li>Coopération internationale forte et ciblée sur quelques filières clés</li> <li><b>Planification centralisée du système énergétique</b></li> </ul>		<b>Gouvernance</b> Échelles de décision, coopération internationale
<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible dimension territoriale, <b>étalement urbain</b>, agriculture intensive</li> </ul>		<b>Territoire</b> Rapport espaces ruraux – urbains, artificialisation
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Croissance économique carbonée</b></li> <li>Fiscalité carbone minimaliste et ciblée</li> <li>Économie mondialisée</li> </ul>		<b>Macro-économie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Décarbonation de l'industrie pariant sur le <b>captage et stockage géologique de CO2</b></li> <li>45 % de l'acier, mais aussi de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viennent du recyclage</li> </ul>		<b>Industrie</b>

## comparé des 4 scénarios

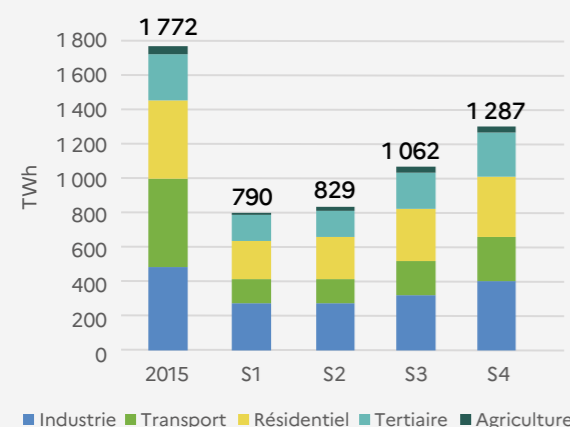
S1 Génération frugale | S2 Coopérations territoriales | S3 Technologies vertes | S4 Pari réparateur

### ÉNERGIE

#### 4 mix énergétiques variés pour 2050

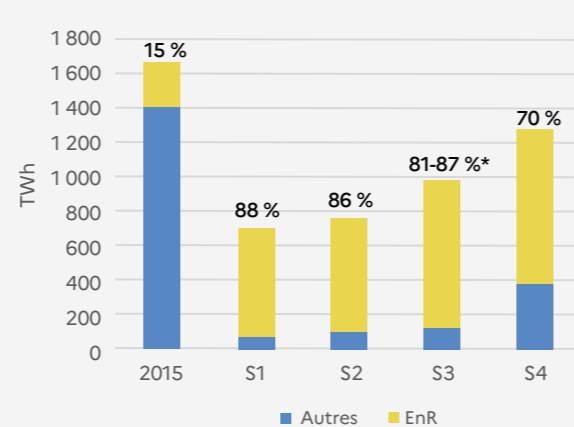
##### UNE DEMANDE D'ÉNERGIE À LA BAISSÉ

Consommation finale d'énergie par secteur en 2015 et 2050 (avec usages non énergétiques et hors soutes internationales)



##### 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



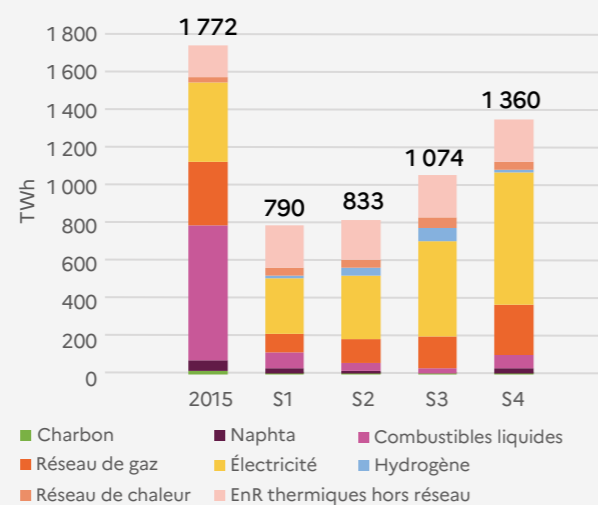
\* Valeurs dépendant des choix de politiques industrielles de développement de l'éolien flottant ou du nucléaire.

##### UNE PART CROISSANTE DE L'ÉLECTRICITÉ

##### QUASI DISPARITION DES ÉNERGIES FOSSILES

##### UN VECTEUR GAZ QUI CONSERVE UN TALON DE CONSOMMATION

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



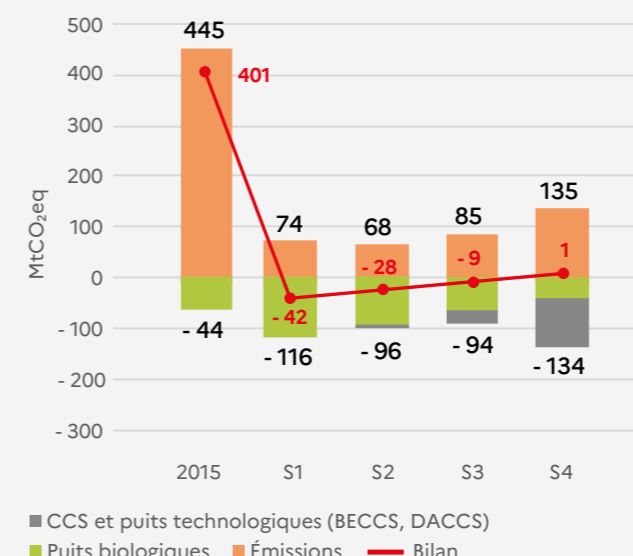
N.B. : la consommation d'énergie finale ne prend pas en compte l'énergie utilisée de façon intermédiaire pour fabriquer d'autres vecteurs énergétiques ou non énergétique comme l'hydrogène. À titre d'illustration, la consommation d'électricité (non représentée sur ce graphique) utilisée pour fabriquer 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 l'atteinte de la neutralité en 2050

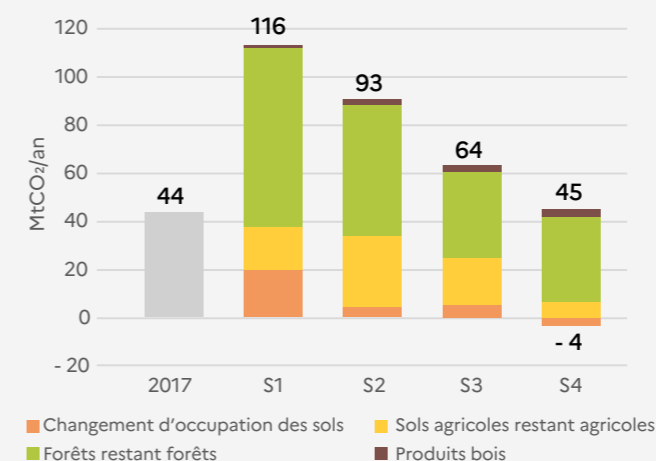
##### QUATRE SCÉNARIOS NEUTRES EN 2050, AVEC UN RECOURS PLUS OU MOINS IMPORTANT AUX PUIITS DE CARBONE

Bilan des émissions et des puits de CO<sub>2</sub> 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



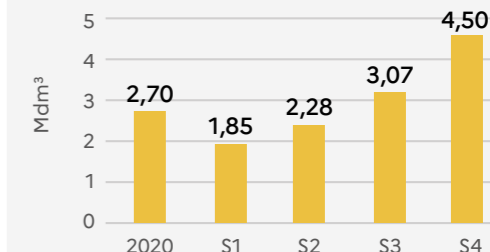
N.B. : la valeur du puits en 2017 est présentée comme référence sachant qu'elle n'a pas été calculée avec la même méthode que pour les scénarios mais à partir des valeurs de l'inventaire national réalisé par le CITEPA, en y ajoutant la séquestration de carbone dans les sols forestiers et le bois mort en forêt.

### RESSOURCES

#### Une pression sur les ressources contrastée

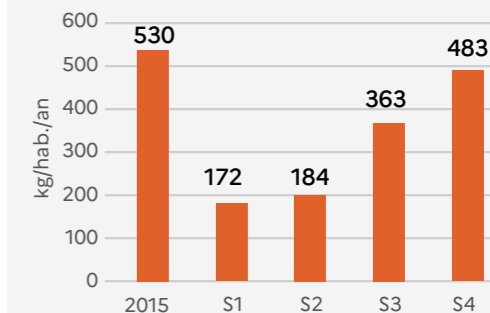
##### 2 SCÉNARIOS LIMITENT LE RECOURS À L'IRRIGATION

Besoin en eau pour l'irrigation en 2020 et 2050



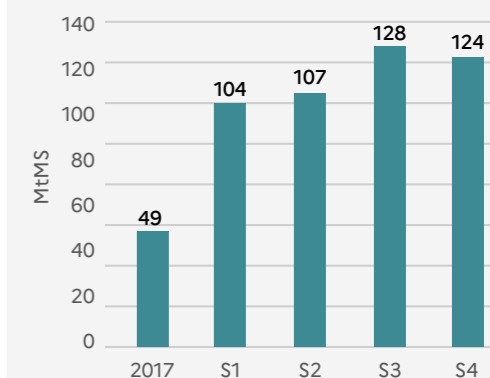
##### MOINS DE DÉCHETS MÉNAGERS ET ASSIMILÉS

Déchets ménagers et assimilés collectés en 2015 et 2050



##### UNE MOBILISATION DE LA BIOMASSE MULTIPLIÉE PAR 2 AU MOINS

Mobilisation de la biomasse pour les usages non alimentaires en 2017 et 2050



# 5 PROBLÉMATIQUES

## à mettre en débat

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

### PROBLÉMATIQUE #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 et de services et l'efficacité énergétique qui permet 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 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 CO<sub>2</sub> 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'émission 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 (alléger le 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 sur toute la durée de la transition reste modérée.



**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.



### PROBLÉMATIQUE #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 CO<sub>2</sub> (plantes, sols et produits) car leur potentiel est très important par rapport aux puits technologiques (captage et stockage du CO<sub>2</sub>).

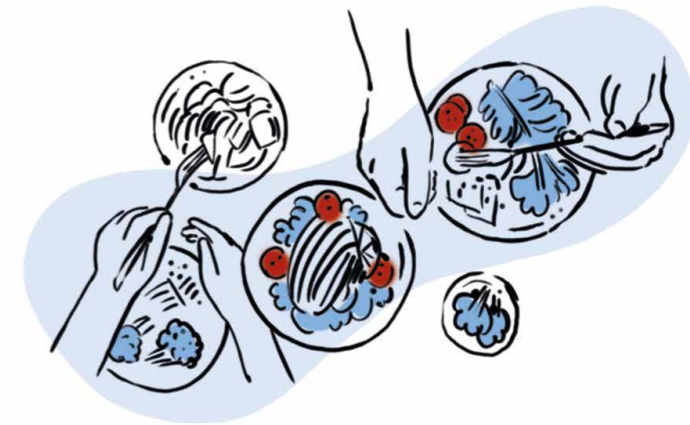
Dans S1 et S2, les scénarios les plus sobres, ces puits biologiques agricoles et forestiers peuvent être maximisés et sont suffisants (ou quasiment suffisants dans S2) grâce à une demande en énergie faible, ce qui permet de limiter les prélèvements de biomasse (forêts en particulier). Il est ainsi possible 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 » (agroforesterie, prairies...), ainsi que la très faible artificialisation des sols grâce à l'urbanisation maîtrisée, 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 nécessaires.

Mais le potentiel de ceux-ci est limité : si S3 arrive à un équilibre satisfaisant entre puits naturels et puits technologiques qui permet de maîtriser leur coût, S4 se voit contraint de déployer des technologies de captage du CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 pour augmenter leur résilience, avec des co-bénéfices probables sur la biodiversité et l'adaptation au changement climatique ;
- au développement de technologies de captage, utilisation et stockage du CO<sub>2</sub>, pour éviter de ne dépendre que des puits naturels dont le potentiel de développement reste incertain.



### PROBLÉMATIQUE #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 matériau et d'énergie ? Quel rôle veut-on donner aux puits de carbone naturels ? Quelle adaptation de l'agriculture doit-on envisager face au changement climatique qui l'affecte d'ores et déjà ?

À part S4 qui mise sur le captage technologique du CO<sub>2</sub> dans l'air, tous les autres scénarios doivent faire évoluer le régime alimentaire moyen des Français vers moins de protéines carnées tout en privilégiant la viande de qualité. Ceci présente de multiples co-bénéfices : 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.



## PROBLÉMATIQUE #5

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

Par opposition aux 30 années passées, il est aujourd'hui communément admis que **relocaliser l'industrie en France est vital pour notre économie et sa résilience. 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% pour S1 et -26% pour 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 plus 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 CO<sub>2</sub>).

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.



## PROBLÉMATIQUE #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 environ 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 pourraient plus que compenser les pertes de ceux de la construction neuve.

# 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 et réseau électrique, faute de travaux de référence ou 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 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.

## Les prochaines étapes de ce travail

Ce travail n'est que la première partie d'une série de feuillets qui seront publiés entre janvier et mars 2022. L'ensemble formera alors un tout qui sera remis en perspective au cours du **Grand Défi Écologique**, événement organisé par l'ADEME les 29 et 30 mars 2022 à Angers.

Les sujets de ces feuillets sont les suivants :

Analyse du mix électrique

Métaux de la transition écologique

Évaluations macroéconomiques dont l'emploi et les investissements

Analyse des changements des modes de vie, menée à travers l'étude qualitative des regards et perceptions de 31 Français d'horizons différents sur les récits des scénarios

Empreinte matière, gaz à effet de serre, ressources et biens de consommation

Usage des terres et qualité des sols

Adaptation au changement climatique

Analyse de l'impact sur quelques filières à enjeux, notamment : « construction neuve », « systèmes énergétiques », « protéines » et « logistique des derniers kilomètres »

Robustesse et vulnérabilité à des chocs

Qualité de l'air

Territoires (sous la forme d'un guide d'aide à la prospective pour les territoires)

Numérique

## 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.

Les secteurs suivants y sont détaillés : ceux qui relèvent de la consommation (l'aménagement du territoire, le bâtiment, la mobilité et l'alimentation) ; ceux qui constituent le système productif (l'agriculture, l'exploitation des forêts et l'industrie), ceux qui forment l'offre d'énergie (le gaz, le froid et la chaleur, la biomasse, les carburants liquides et l'hydrogène) ; ceux qui constituent des ressources (la biomasse et les déchets) et les puits de carbone. Ces secteurs sont également analysés au regard de leurs impacts, lorsque cela a été possible, sur l'eau, les sols, les matériaux et la qualité de l'air.

Cet ouvrage est le résultat d'un travail de plus de deux 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.

**Ce document est édité par l'ADEME.**

Retrouvez les scénarios ADEME en ligne sur [www.transitions2050.ademe.fr](http://www.transitions2050.ademe.fr)

**Crédits photo:** ADEME, Getty Images

**Illustrations:** Stéphane Kiehl

**Conception éditoriale et graphique:** bearideas

**Dépôt légal:** © ADEME Éditions, novembre 2021

