

Vers un Plan de transformation de l'économie française en faveur du climat et de la résilience

ÉTAT D'AVANCEMENT À JUILLET 2020
Vision globale_V0



THE SHIFT PROJECT

Chère lectrice, cher lecteur,

Voici le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche introduit la vingtaine d'autres qui composent l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. Chacune peut se lire séparément. Ensemble, elles donnent un bon aperçu de l'avancement de notre travail depuis son lancement, et une vision globale, systémique de l'économie française.

Cette *Vision globale* – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Par cette fiche introductive, nous voulons répondre aux questions générales que vous pourriez vous poser sur notre travail et sur la présente publication : qu'avons-nous *État d'avancement* accompli depuis le lancement de notre « chantier d'urgence » ? Que trouverez-vous concrètement dans cet *État d'avancement* du PTEF ? Pourquoi publier un et pas les résultats définitifs ? Quels sont les objectifs et la démarche du PTEF ?

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), l'équipe du PTEF vous propose, à l'issue de la lecture de tout ou partie des documents publiés le 16 juillet 2020, de répondre à une (petite) consultation (pour laquelle nous remercions les *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé.e.s d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

**L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne, mobilité longue distance, logement, usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé, culture, défense et sécurité intérieure, enseignement supérieur et recherche, administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation, forêt-bois, énergie, fret, matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries, industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi, finance, résilience et impacts, villes et territoires](#)).*

I- Où en est le « chantier d'urgence » du Shift Project ? Qu'avons-nous accompli depuis son lancement ?

1- Une vision d'ensemble cohérente

Au cours des deux derniers mois, nous nous sommes attelés à produire une vision d'ensemble cohérente de l'économie après transformation, transformation qui vise à répondre au double impératif de décarbonation et de résilience.

Cette vision s'appuie sur un découpage de l'économie en une quinzaine de secteurs différents¹, soit des secteurs d'usages, soit des secteurs productifs (de biens, ou de services) : la mobilité du quotidien, la mobilité longue-distance, le logement individuel et collectif, le fret, la santé, l'enseignement supérieur et la recherche, les usages numériques, la culture, la défense et la sécurité intérieure, l'administration publique, le bâtiment tertiaire, l'industrie lourde, manufacturière, du recyclage et des déchets, l'industrie automobile, l'agriculture et l'alimentation, la gestion de la forêt, l'énergie.

L'idée directrice de notre vision a été de confronter ces secteurs à leur caractère présentement plus ou moins carboné d'une part, et à leur niveau de résilience actuelle d'autre part. La décarbonation et l'amélioration de la résilience ont alors été les contraintes principales que nous leur avons appliquées. **La capacité de notre économie à résister à un choc énergétique est certainement la contrainte la plus forte que nous nous sommes fixée** : en cas de « resserrement » de l'offre pétrolière, touchant notre région du monde (l'Europe)², au-delà des conséquences directes sur notre économie, c'est l'ensemble de l'économie européenne qui subirait une difficulté à produire les mêmes biens qu'actuellement, avec les procédés actuels, et au même prix qu'aujourd'hui. Ainsi, la capacité des Français à s'équiper en biens, à s'offrir des services, serait structurellement restreinte. La résilience à un tel scénario impose de préparer une économie « sobre », énergétiquement et matériellement parlant. C'est-à-dire **une économie qui réduit les flux d'énergie, et qui réduit et fait décélérer les flux de matière**.

Un compromis (nécessaire si on se donne pour ambition de pouvoir traverser sans dommage un tel choc) a donc été fait entre la conservation, et parfois la croissance, de certains usages et les besoins de flux physiques requis pour les alimenter, menant également à la stabilisation de certains usages (comme le numérique), voire à leur réduction (comme le voyage rapide à longue distance). En d'autres termes, nous avons amorcé une réflexion sur le changement de certaines de nos pratiques afin de réduire les flux énergétiques et matériels qui y sont associés (le voyage à longue distance afin de réduire l'usage de l'avion, ou la construction de résidences secondaires), ou afin de les stabiliser alors qu'ils sont en pleine croissance (tels nos usages du numérique). En complément de cette réflexion sur les usages, nous avons établi une vision mettant en jeu un ensemble de modes d'organisation et de technologies, sobres dans la mesure du possible, qui permettent ces usages.

Nous voulons nous assurer que les transformations proposées dans chaque secteur forment une vision globalement cohérente en termes de flux physiques : d'une part que l'énergie consommée est bien égale annuellement à l'énergie produite en amont, et d'autre part que les quantités de matériaux nécessaires à cette économie sont connues, chiffrées (pour quelques exemples pour l'instant), et compatibles avec les ressources connues de la croûte terrestre.

Il s'agit également de nous assurer de la cohérence des transformations proposées en termes d'emploi, de besoins de formation et de reconversions.

¹ Nous n'avons évidemment pas été exhaustifs dans le choix des secteurs. Certains, comme les bâtiments tertiaires, sont traités de manière transversale, à travers les secteurs qui les utilisent, tels que l'administration publique, la santé, la culture et l'urbanisme. D'autres, comme le sport, le commerce, la distribution, le tourisme et les loisirs, l'éducation nationale, la diplomatie, le conseil, les assurances, l'action sociale ou le textile, ne sont pas abordés ici, par simple nécessité de prioriser les secteurs sur lesquels le *Shift* peut déjà compter sur une expertise et une réflexion préalable. Nous ne nous interdisons pas de les traiter à l'avenir, bien au contraire, mais pas dans un avenir proche – sauf pour le bâtiment tertiaire.

² Matthieu Auzanneau, *L'union européenne risque de subir des contraintes fortes sur les approvisionnements pétroliers d'ici à 2030*, *The Shift Project*, juin 2020.

Cet effort de mise en cohérence est encore à peaufiner et à consolider. Il s'agit d'un processus assez long (car complexe) de convergence entre les différentes équipes du PTEF.

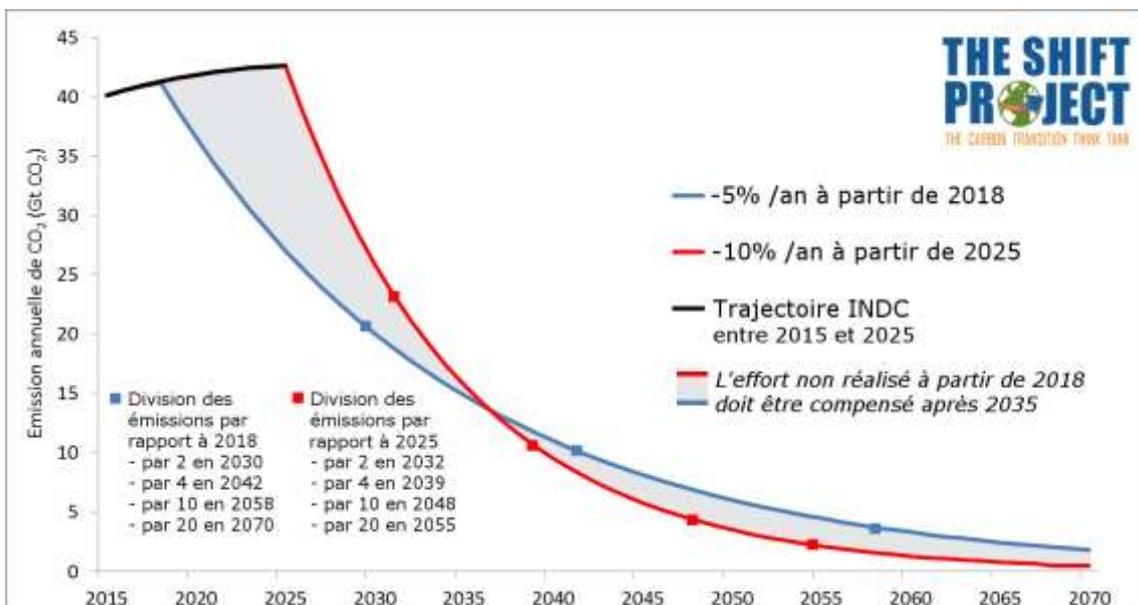
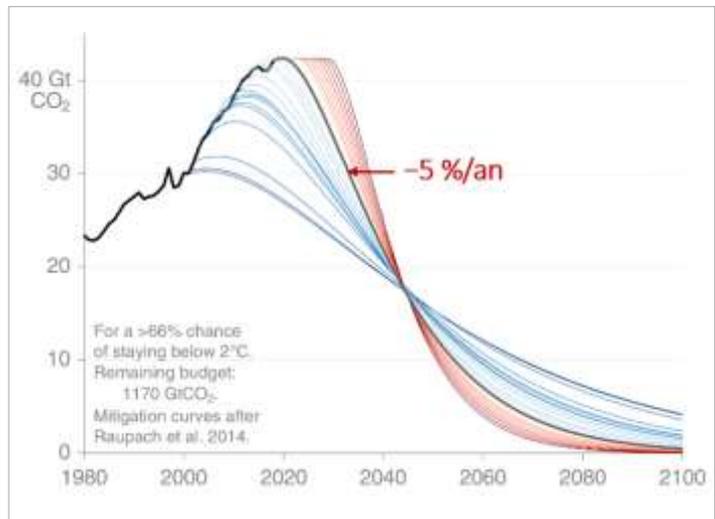
Ces « rebouclages » de cohérence ont déjà fait apparaître les bifurcations importantes auxquelles certaines transformations (dont celle que nous décrivons) seront confrontées. C'est-à-dire, les grands choix d'organisation, les grands choix technologiques auxquels nous ferons face en tant que société.

Nous avons également tenté d'éclairer certaines grandes dimensions de l'économie française après transformation, en comparaison avec leur état actuel : les émissions annuelles de gaz à effet de serre (GES), la consommation d'énergie annuelle et la résilience de l'économie aux quatre types de chocs que nous considérons. Ces évaluations, qui permettront de mieux décrire globalement la transformation que nous proposons, ne sont pas entièrement abouties car elles requièrent que les bouclages de cohérence soient terminés. Par exemple, si nous n'avons pas tranché entre le développement d'une filière hydrogène, ou le développement d'une filière de « power-to-gaz » (c'est-à-dire la production de gaz à partir d'électricité), nous ne pouvons pas décrire le type d'infrastructure et de réseau qu'il faut conserver et/ou mettre en place, ni les besoins en financement et en main d'œuvre que cela requiert, etc.

2- Les potentiels de la technologie pour décarboner à court-terme

L'objectif de neutralité carbone, nécessaire au respect de l'Accord de Paris, porte en lui l'objectif implicite de réduction des émissions de GES de 5%/an. Pour chaque secteur, la vision proposée devra donc répondre à cet impératif. Nous évaluerons le potentiel de la technologie pour décarboner à court terme. En creux, cela montrera l'importance du levier de la sobriété pour atteindre le rythme de décarbonation nécessaire.

Toute politique de réduction des émissions de GES qui ne produirait pas une réduction de 5%/an des émissions de GES avec des mesures technologiques devra inclure des mesures de sobriété (et notamment maîtrise de l'effet rebond) permettant d'atteindre l'objectif, faute de quoi elle devra être considérée comme insincère.



Nous nous sommes lancés, pour le rapport « *Crise(s), climat : préparer l'avenir de l'aviation* » (The Shift Project 2020), dans un exercice de chiffrage visant à mettre le secteur de l'aviation en cohérence avec l'Accord de Paris, soit avec une diminution de 5 % par an de ses émissions de GES. Ainsi, nous avons évalué le potentiel des solutions technologiques existantes, l'avons comparé au besoin de réduction annuel sur 2020-2025 et avons évalué les mesures de sobriété nécessaires pour compléter les solutions technologiques. Conclusion : les mesures technologiques permettent au maximum de faire 25 % du chemin, donc il revient aux mesures de sobriété de réaliser les 75 % restants. Cette évaluation de court terme, réalisée dans l'urgence, a été faite sans envisager la nature systémique des interactions avec d'autres secteurs, et sans proposer de solutions aux salariés perdant leur emploi dans la transformation du secteur aérien.

L'exercice auquel nous nous attelons ici est autrement plus ambitieux. Nous allons certes évaluer, pour chaque secteur d'activité, le potentiel des solutions technologiques pour atteindre les 5 % par an de baisse des émissions de GES, et donc indiquer la part de la sobriété dans l'atteinte de cet objectif. Mais nous allons le faire en prenant en compte les principales interactions systémiques avec un grand nombre d'autres secteurs, et évaluer les transformations de l'emploi que cela implique, le tout dans une vision de long terme. Cette vision de long terme (à 2050) devra être cohérente avec l'atteinte à très court terme d'un rythme de réduction des émissions de 5%/an à partir de 2020. En effet, plus ce rythme tarde à être atteint, plus il devra être élevé (il passe à 10% si la décarbonation commence en 2025) et plus les transformations nécessaires seront brutales.

Nous allons également proposer une vision pour les secteurs de services (culture, santé, défense et sécurité, enseignement supérieur et recherche, administration publique) qui soit cohérente avec l'équilibre entre d'un côté le potentiel de la technologie et de l'autre le besoin de faire évoluer l'organisation de la société et les comportements (soit la sobriété). Cette vision vise à donner une place à ces secteurs dans la transformation, en montrant en quoi ils sont concernés par ces changements, et disposent de leviers pour les déclencher ou orienter.

C'est bien aux États qu'il revient de planifier dès maintenant l'avenir en décarbonant l'économie et en la rendant résiliente. Ce n'est que dans un cadre cohérent, clair et stable que la transformation pourra s'opérer le plus sereinement possible pour les entreprises, les salariés, les usagers et les citoyens. Cette planification devra mobiliser les leviers techniques/technologiques et organisationnels/comportementaux disponibles.

3- Ce qu'il nous reste à faire

La suite du projet contient plusieurs volets de taille inégale :

- **La petite consultation**, lancée en même temps que ce document le 16 juillet 2020, et qui vise à éclairer la consolidation du travail en cours : grâce aux Shifters, nous visons 1000 réponses d'ici la rentrée, grâce aux [retours sur le formulaire en ligne](#).
- **La finition du travail en cours**, notamment en termes de chiffrage (sur la cohérence d'ensemble, sur l'emploi, ou le financement). Nous espérons avoir terminé, et documenté de manière transparente, ce travail d'ici la fin de l'été 2020.
- **La consolidation de la vision que nous proposons**, qui s'appuiera notamment sur les retours que nous recevrons au cours de l'été. La vision consolidée devrait être prête d'ici le mois de septembre 2020, et sera publiée sous la forme d'une *Vision globale_V1*.
- **Les approfondissements sectoriels**, c'est-à-dire la construction, avec les acteurs des différents secteurs, de propositions de mesures opérationnelles, qui permettent d'amorcer la transformation de l'économie au bon rythme. Cette phase devrait durer plusieurs mois à partir de septembre, et donner lieu à divers travaux, événements et publications, pour les différents secteurs. Vous pouvez nous [proposer de contribuer, grâce au formulaire en ligne dédié](#).
- **La grande consultation**, lancée au mois de septembre 2020 et qui durera une dizaine de mois, et qui alimentera à la fois les approfondissements sectoriels et une deuxième consolidation de la vision proposée : grâce aux Shifters, nous visons 1000 débats et 10 000 réponses.
- **La publication, courant 2021**, d'un document unique rassemblant la *Vision globale* consolidée et les approfondissements sectoriels. Elle prendra en compte les résultats des consultations. Cette première version du "Plan de transformation de l'économie française" pourra être complétée par la suite.

II- Que trouverez-vous concrètement dans cet *État d'avancement* du PTEF ?

Cette publication se compose d'un **ensemble de fiches qui font l'état d'avancement de notre travail collectif**. Ces fiches exposent nos grands résultats et les raisons derrière les grands choix que nous avons dû faire au cours de l'élaboration de notre Plan.

Pour l'instant, nos résultats ne sont pas entièrement justifiés et documentés ; cependant, nous avons voulu, autant que faire se peut, citer les facteurs importants qui interviennent dans l'obtention de ces résultats. Les justifications complètes de ces résultats seront finalisées au cours de l'été.

Ainsi, vous trouverez notre travail « tel qu'il est pour l'instant », sous forme de fiches sectorielles ou transversales, dont voici la liste des Fiches « Vision » :

19 Fiches « Vision » en plus de l'introduction			
Secteurs « usages »	Secteurs « services »	Secteurs « amont »	Chantiers transverses
Mobilité quotidienne	Santé	Forêt et Bois	Villes et Territoires
Mobilité longue-distance	Administration publique	Energie	Emploi
Logement	Culture	Industrie Automobile	Finance
Usages numériques	Défense et sécurité intérieure	Fret	Résilience, Impacts et Macroéconomie
	Enseignement supérieur et recherche	Matériaux et Industrie dont batteries, chimie et ciment	
		Agriculture et Alimentation	

Ces fiches sont volontairement synthétiques et facilement compréhensibles. Elles sont rédigées sous forme d'un ensemble de petits paragraphes (*bullet points*) exposant une idée à la fois.

Le but de ce format est que notre travail puisse être facilement discuté et critiqué, afin que nous puissions le consolider avec les retours que nous recevrons.

4- Les fiches de visions sectorielles

Notre publication contient un ensemble de fiches qui synthétisent, secteur par secteur, les éléments de la transformation que nous proposons dans le PTEF.

Vous y trouverez :

- un état des lieux actuel du secteur et les différentes manières dont il interagit avec les autres secteurs
- une description des éventuelles difficultés que nous avons rencontrées en établissant cet état des lieux (notamment par manque de données sur les émissions carbone de certains secteurs)
- les grands axes de transformation du secteur
- une description du secteur après transformation, à la fois chiffrée de manière globale, et faite de manière aussi concrète que possible à ce stade de notre travail, en ce qui concerne les activités humaines dans le secteur, qu'elles soient relatives aux modes de vie ou à l'emploi.

5- Les fiches des axes transverses

Notre publication contient également des fiches « axes transverses » qui synthétisent les informations collectées auprès des différents pilotes de secteurs selon différentes thématiques : l'urbanisme, la résilience, les impacts macroscopiques, l'emploi et la finance.

Vous y trouverez :

- Les objectifs, le périmètre, et la démarche de l'axe transverse
- Les résultats collectés auprès des différents secteurs selon la thématique retenue
- La manière dont la transformation de l'économie peut être accompagnée par la thématique retenue

III- Pourquoi n'avons nous pas encore développé les questions d'effet rebond, fait l'état des lieux des besoins en financement, et traité tous les secteurs ?

L'effet rebond : comme expliqué précédemment, le travail effectué jusqu'à maintenant a consisté à produire une vision d'ensemble cohérente de l'économie après transformation. De grandes lignes directrices ont été identifiées mais nous n'avons pas encore précisé les **mesures concrètes** permettant d'y arriver. Or, c'est bien **à cette échelle qu'il est pertinent d'étudier les effets rebond**, par exemple lorsqu'on met en place une technologie en particulier qui se veut plus efficiente. Cette question devra donc être traitée en même temps que la description des mesures, et donc dans une prochaine étape du travail.

Selon nous, et toujours par soucis de cohérence en termes de flux physiques, la question des effets rebond ne doit pas être négligée car la réduction des gains attendus pourrait entraîner un **écart à l'objectif**. Nous identifions **plusieurs leviers** qui nous permettront de prendre en compte les mécanismes de rebond, et ce à deux niveaux :

- Au sein de chaque secteur, il sera possible d'une part de viser des objectifs plus ambitieux que ceux que l'on cherche réellement à atteindre, et d'autre part de mettre en place des mesures d'atténuation de l'effet rebond spécifiques au secteur en question.
- Au niveau général, il sera possible de proposer des politiques d'atténuation de l'effet rebond qui concerneront plusieurs secteurs à la fois, voire tous, telles que la mise en place de campagnes d'information, de taxes, etc.

Les besoins en financement pour la transformation : établir ces besoins ne peut se faire qu'à partir des mesures spécifiques à mettre en oeuvre, de leur échelle et de leurs modalités de mise en oeuvre. Or à ce stade, nous ne proposons quasiment aucunes mesures, seulement le chemin de transformation que des mesures devront permettre d'emprunter. Ainsi, le besoin en financement ne pourra être établi qu'après avoir listé les mesures à mettre en oeuvre.

Le travail sur les 15 secteurs envisagés dans notre publication du 6 mai 2020 n'a pas avancé de manière homogène. Certains secteurs sont plus avancés que d'autres (comme l'agriculture-alimentation, la culture ou la mobilité quotidienne) ; d'autres nécessitent encore un travail conséquent (comme l'industrie lourde ou la défense et la sécurité intérieure). Le travail finalisé ne sera publié qu'à l'issue d'un processus de longue haleine, qui balayera la plus grande partie des secteurs envisagés, et mettra en cohérence systémique les chemins et mesures sectorielles. Ce travail sera également alimenté par des consultations, certaines larges et d'autres plus restreintes.

IV- Pourquoi publier un *État d'avancement* et pas les résultats définitifs ?

Plusieurs raisons nous amènent à publier un *État d'avancement* plutôt que des résultats définitifs :

- La première est triviale : nous ne disposons pas encore de résultats définitifs, le travail en cours étant complexe, et donc long.
 - La vision cohérente que nous construisons est en cours de finalisation, notamment sur les bouclages en énergie et en matériaux, et sur les axes transverses (emploi, résilience, finance...)
 - les approfondissements sectoriels que nous voulons mener avec les acteurs des différents secteurs vont débiter à partir de septembre. Ils vont prendre plusieurs mois car il s'agira pour nous de mobiliser, et si possible fédérer ces acteurs autour de notre vision et des mesures à prendre pour se diriger vers cette vision au bon rythme de décarbonation.
- Nous souhaitons être le plus transparent possible quant à notre démarche et le travail en cours de production. Un grand nombre d'entre vous nous ont fait confiance et ont décidé de s'impliquer dans notre projet par une participation à la campagne de *crowdfunding*.
- Nous souhaitons pouvoir bénéficier de vos critiques constructives sur notre travail tant qu'il est encore modifiable. Plus le projet sera avancé et consolidé, moins nous aurons la capacité de modifier nos choix initiaux. Il est donc important que nous vous fassions part de ce travail au cours de son élaboration pour que vous ayez l'occasion de nous faire vos retours suffisamment tôt dans le processus de production.
- Initié fin mars 2020 et confirmé en mai, ce travail s'inscrit dans le contexte particulier de la crise de la Covid-19. D'abord sanitaire, rapidement économique, cette crise agit également comme un révélateur de nombreuses fragilités, et d'une certaine aspiration au changement, parfois exprimée par l'expression "monde d'après", mais qui se manifestait déjà fortement avant. Cette crise semble partie pour durer, au moins dans sa dimension économique et dans les interrogations plus larges qu'elle suscite sur la soutenabilité de notre société. Le gouvernement annonce s'inscrire dans une démarche de « relance » de l'économie. Le débat public dans les deux prochaines années, déjà influencé par les municipales de 2020, se fera dans un contexte de campagne électorale intense (élections sénatoriales en 2020, régionales et départementales en 2021 puis présidentielles en 2022). Ainsi, pour *The Shift Project*, peser sur le débat public implique également d'inscrire le travail en cours dans ce contexte.

V- Quels sont les objectifs et la démarche du PTEF (pour rappel) ?

1- Pourquoi notre économie devrait-elle être transformée ?

Le PTEF vise deux grandes catégories d'objectifs, qui nous semblent être des conditions nécessaires à la possibilité d'une vie décente dans les décennies à venir : la décarbonation de notre économie, et sa résilience.

La décarbonation est un objectif bien connu, nous ne nous attarderons pas sur sa description. Nous soulignerons simplement que la décarbonation permet de desserrer la double-contraainte carbone : d'un côté la menace du dérèglement climatique, mais aussi, d'un autre côté qui est largement moins discuté, la dépendance de nos activités aux énergies fossiles importées, énergies fossiles dont l'offre risque bien de se resserrer dans les décennies à venir pour des raisons géologiques³. Nous ajouterons que si la

³ Voir le rapport *L'Union Européenne risque de subir des contraintes fortes sur les approvisionnements pétroliers d'ici à 2030* (The Shift Project 2020).

décarbonation concerne certaines activités émettrices de GES hors-énergies (méthane et dioxyde d'azote par certaines activités agricoles, CO2 par les transformations chimiques nécessaires à certaines activités industrielles etc.), elle concerne principalement l'énergie, qui est le carburant des machines, dont la plupart des secteurs économiques aujourd'hui dépendent pour fonctionner.

Dans le contexte actuel de crise, révélateur de certaines fragilités de notre économie, nous nous fixons un second objectif, auquel notre premier objectif participe partiellement : la résilience de notre économie aux crises qui pourraient émailler le XXIème siècle – les effets du changement climatique, le pic pétrolier, de nouvelles crises sanitaires, ou encore des troubles dans d'autres pays.

Le terme résilience est un terme largement « fourre-tout » en ce qu'il nécessite une caractérisation précise pour prendre un sens. « Résilience » ne veut rien dire tant qu'on n'a pas précisé la résilience de quoi, à quel choc, et pour quoi.

- “*De quoi*” fait référence au système, bien défini par son périmètre et son contenu, dont on étudie la résilience. Pour nous, ce système est l'ensemble des activités humaines qui manipulent les flux d'énergie et de matériaux, qu'elles soient des activités de production de biens ou services, ou bien des activités de consommation de ces biens ou services (nous appelons l'ensemble de ces activités, de manière large, « l'économie »). Par exemple, se chauffer, s'éclairer, se déplacer, travailler dans tel ou tel secteur...
- “*A quel choc*” fait référence aux différents événements que l'on considère comme perturbateurs du bon fonctionnement du système étudié. Dans notre cas, il s'agit du changement climatique, du pic pétrolier, de nouvelles crises sanitaires, et de troubles dans d'autres pays.
- “*Pour quoi*” fait référence aux grandes fonctionnalités du système qu'on veut préserver lors de ces chocs, et implique de répondre à une question éthique et politique : que voulons-nous préserver, qu'est-ce qui compte pour nous, en tant que société ? Il s'agit dans le PTEF de préserver au mieux nos usages de base : se nourrir, se loger, accéder à nos activités, être en sécurité, apprendre et comprendre, s'informer, se divertir...

Ces deux objectifs, si on s'en saisit effectivement assez tôt, nous permettront d'atténuer les conséquences des grandes menaces des prochaines décennies, tout en réduisant notre contribution au changement climatique. Le PTEF permettra une plongée concrète dans une économie qui les atteindrait. Nous souhaitons qu'il participe à éclairer utilement le débat sur la transition énergétique et écologique, chacun pouvant librement discuter des différents pans et moyens à mettre en œuvre pour que l'économie se transforme dans cette direction.

2- Pourquoi proposer un plan ?

a. Explorer un avenir possible pour éclairer les choix auxquels nous ferons face

Notre travail se veut stratégique et prospectif. Autrement dit, il apportera des éléments utiles pour se projeter dans les décennies à venir et faire prendre aux acteurs économiques les décisions qui leur permettront d'en traverser les chocs le plus sereinement possible (voire de s'en détacher complètement). Ces éléments seront articulés autour de descriptions concrètes, centrées sur le lien entre les individus et les flux physiques qu'ils pilotent, et tiendront compte d'un impératif de cohérence systémique entre l'ensemble de nos activités. Ce choix d'approche permet **d'établir les conditions nécessaires que posent les réalités physique et technique (telles que documentées par la science et l'expertise technique) sur les modes d'organisation de nos activités productives et de consommation.**

En d'autres termes, c'est par une connaissance suffisante du fonctionnement des différents pans de notre économie, des liens qui les unissent et de la manière qu'ils ont d'interagir les uns avec les autres, et des contraintes auxquelles ces pans sont et seront soumis, que les décisions les plus éclairées quant à la manière d'organiser notre économie pourront être prises. C'est là tout l'objet de notre plan : séparer les stratégies qui pourront fonctionner de celles vouées à l'échec.

Pour ce faire, nous explorons un chemin possible de transformation de notre économie tout en étant transparents sur les contraintes environnementales et techniques qui nous ont poussé à explorer ce chemin et pas un autre, transparents sur les chemins alternatifs que nous aurions pu décrire mais qui nous semblaient être des impasses, ou en tous cas être moins désirables, transparents sur les raisons

pour lesquelles nous trouvons ces chemins moins réalistes ou désirables. Par cette transparence, notre objectif est de mettre en avant les grands choix auxquels nous ferons face en tant que société - que nous le voulions ou non, et de fournir des clés pour comprendre les conséquences des différentes alternatives que l'on suivra, par des décisions conscientes et concertées ou non.

Nous ne cherchons donc pas à prédire le futur, mais seulement à en décrire un qui nous semble aller dans le bon sens et être compatible avec les lois de la physique. Et ce, dans le but de révéler les opportunités et les difficultés que constituerait le cheminement résolu vers un tel futur.

b. Décrire les choses de manière concrète pour révéler précisément les difficultés et les opportunités qui se présenteront

Ainsi, l'angle de vue du PTEF sera **centré sur les individus en tant que pilotes de flux physiques** (énergie ou matériaux), c'est-à-dire en tant que producteurs et consommateurs au sens large (de biens, de commodités ou de services). Cela passera nécessairement par des **descriptions les plus concrètes possibles**, afin de permettre aux Français en général, et aux actifs œuvrant dans chaque secteur d'activité, de se représenter en pratique leur place dans la décarbonation de la France.

Selon nous, seule une approche pragmatique permettra de mettre à jour les difficultés principales que présente une transformation vers la décarbonation et vers plus de résilience : possibles arbitrages entre des usages qui nous sont chers, compromis entre divers impacts environnementaux, questions sociales, devenir de certains emplois, etc. Nous voulons nous attaquer de front à ces difficultés pour mieux les anticiper et en adoucir les effets. Notre travail ne vise pas à "vendre" telle ou telle transformation comme étant la meilleure, mais à informer, y compris sur les points difficiles, afin de se préparer aux choix auxquels nous ferons face. Néanmoins, aussi éclairant qu'elle soit vis-à-vis de ces points difficiles, nous voulons que la transformation proposée soit également désirable sur un ensemble d'aspects : indépendance aux énergies fossiles, résilience à différents chocs, ou encore co-bénéfices pour la santé, la qualité de vie ou les écosystèmes.

c. Considérer l'économie dans son ensemble pour s'assurer du réalisme de notre plan

D'une part, nous élaborerons nos descriptions au plus proche des flux physiques qui parcourent notre économie. L'économie est un ensemble de flux physiques : des personnes, des marchandises et des véhicules qui se déplacent, des matériaux qui sont transformés et assemblés en un bien, puis achetés, utilisés par une ou plusieurs personnes, et recyclés et/ou incinérés et/ou enfouis, des bâtiments qui sont construits, rénovés et détruits, etc.

Ces flux traversent les différents secteurs de l'économie, et doivent être cohérents les uns par rapport aux autres (par exemple si on veut utiliser deux fois plus de voitures, il faudra mobiliser deux fois plus d'acier dans ce secteur, et deux fois plus d'énergie pour les produire). Ainsi, étant donnée la complexité de notre économie par l'intrication, la multiplicité, et la diversité de nos activités et des flux d'énergie et de matière qui les traversent, il nous paraît inévitable de devoir **appréhender toute transformation de l'économie d'un point de vue systémique**. Cette approche permet de mettre en avant les grandes contraintes environnementales et géostratégiques que notre économie pourrait subir si elle suivait tel ou tel chemin de transformation (disponibilité en ressources énergétiques, en ressources matérielles, ou encore en surface arable).

3- Ce que contiendra le PTEF une fois terminé

Notre travail a débuté en mai 2020 par la publication d'un chantier d'urgence⁴. Il s'agit d'un travail au long cours, ambitieux, et donc très structurant pour *The Shift Project*. Il devrait s'étendre sur le reste de l'année 2020 et sur une bonne partie de l'année 2021.

A l'issue de ce travail, le PTEF aura fourni les éléments suivants :

⁴ Voir le document Crise(s), climat : plan de transformation de l'économie française, disponible sur le site du Shift Project.

- Une vision d'ensemble de l'économie après transformation, avec des déclinaisons secteur par secteur et des descriptions transversales thématiques notamment sur l'emploi, les flux énergétiques et matériels, la résilience, ou les modes de vie.
- Une description de la cohérence des flux physiques dans cette vision, et des contraintes possibles sur ces flux, avec les risques associés.
- Les grands axes de transformation qui permettent d'aboutir à cette vision cohérente, secteur par secteur.
- Un ensemble de mesures opérationnelles, sectorielles et d'ensemble, qui permettent d'enclencher et de pérenniser la transformation vers cette vision, avec un chiffrage de leur puissance de décarbonation à court terme. Ces mesures seront établies au contact des professionnels et experts (académiques, associatifs...) des différents secteurs de l'économie.

Contributeurs et remerciements

Ce programme de travail est le résultat d'un travail collectif qui a réuni un ensemble d'experts sectoriels, d'experts transverses et l'équipe du *Shift*.

L'équipe du *Shift Project* souhaite remercier chaleureusement tou.te.s les contributrices et contributeurs, qui nous ont apporté une aide précieuse dans l'élaboration de ce programme de travail sur leurs différents secteurs d'expertise, dans un laps de temps relativement court, pour certain.e.s depuis d'autres continents, et en partie dans des conditions très atypiques de travail en confinement.

Nous remercions également les donatrices et donateurs pour leur engagement en faveur de ce projet, ainsi que notre partenaire Lumo.

Nous remercions enfin celles et ceux qui nous ont supporté, confiné.e.s avec nous durant la réalisation de ce travail ; et celles et ceux qui ont assuré les activités « essentielles » l'ayant permis.

Le contenu de ce document n'engage que *The Shift Project*. Les interprétations, positions et recommandations y figurant ne peuvent être attribuées aux relecteurs ou contributeurs.

The Shift Project

The Shift Project est un think tank qui oeuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

Photo de couverture : © MarcelIC / iStock

Design graphique : David Polonia



DOCUMENT DE TRAVAIL

Mobilité quotidienne

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de la Mobilité quotidienne dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

La mobilité quotidienne regroupe l'ensemble des déplacements réalisés par les résidents en France dans un rayon de 100 km de leur domicile.

- Ces déplacements peuvent être réalisés pour différents motifs (travail, achats, visites à des amis ou de la famille, loisirs, études, santé, démarches administratives...)
- Ils peuvent être réalisés selon plusieurs modes, seuls ou en intermodalité, en solitaire ou de manière partagée (voitures, deux-roues motorisés, vélo, bus, métro, tramway, trains régionaux...)

Ce secteur, même s'il s'agit principalement d'un secteur d'usages¹, inclut plusieurs activités professionnelles, essentiellement dans le secteur des services (la production relevant d'un pan « industriel » spécifique dans ce plan) : exploitation des transports en commun (gestion de lignes, conducteurs, maintenance et réparation des flottes de véhicules...), services relatifs à l'émergence des cycles (location, vente, entretien, réparation...), services de tiers-lieux / gestion des espaces de travail pour le télétravail (location d'espace et de services de télétravail dans des locaux tertiaires), services de partage de véhicules (covoiturage, autopartage...).

Les services relatifs à la voiture (entretien, réparation, vente, location...) sont considérés dans le périmètre de la fiche sur l'industrie automobile.

La mobilité quotidienne dépend d'autres secteurs : l'industrie automobile et l'industrie des transports pour produire les véhicules dont elle a besoin pour assurer nos déplacements ; l'industrie du génie civil pour produire les infrastructures (routes, rails, système de caténaires, ouvrages d'art...) support de la mobilité.

La mobilité quotidienne ne peut pas être pensée isolément dans une démarche de transformation de l'économie :

- Les voitures pour la mobilité quotidienne peuvent être utilisées également pour la mobilité longue distance.
- Les véhicules utilitaires légers (VUL), qui sont parfois utilisés pour les motifs professionnels de la mobilité quotidienne, peuvent aussi être utilisés pour transporter des marchandises.
- Les infrastructures support de la mobilité quotidienne sont également support de la mobilité longue distance avec plus ou moins de recoupements : les voies ferrées aux abords des grandes agglomérations et les gares des agglomérations servent pour la mobilité quotidienne et la mobilité longue distance. Elles servent parfois également pour le transport de marchandises par train. Cela peut mener à des goulots d'étranglement et des choix à faire entre différents usages d'une même infrastructure. Il en va de même pour le réseau routier.
- Les infrastructures énergétiques alimentant la mobilité quotidienne peuvent être partagées avec celles de la mobilité longue distance et celles du fret. Actuellement, les stations-services (fournissant en grande majorité des produits pétroliers) sont les infrastructures de l'ensemble de ces mobilités.
- Les évolutions de l'emploi, et de sa localisation (emploi concentré à certains endroits du territoire, ou réparti de manière plus diffuse), influenceront sur les besoins de mobilité.
- Les évolutions urbanistiques joueront sur les besoins de mobilité (« urbanisme des courtes distances ») et sur les modes de transport utilisés (espace dédiés aux différents modes pour en privilégier certains dans les centres-villes denses, usage de certains modes plus adaptés aux nouveaux besoins de mobilité).

¹ C'est-à-dire, un secteur ayant trait à nos modes de vie plutôt qu'à des activités professionnelles spécifiques

- Les pratiques de télétravail modifient nos besoins de mobilité quotidienne, mais également nos usages des bâtiments, et nos usages du numérique.
- L'achat de biens de consommation requiert que le bien atteigne le domicile de l'acheteur. Le « dernier kilomètre » pour atteindre le domicile peut soit être effectué par l'acheteur dans le cadre de sa mobilité quotidienne, soit par un transporteur de marchandises. Cela constitue une interaction entre le secteur de la mobilité quotidienne et celui du fret.

Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées pour dresser l'état des lieux, et établir les grands axes de transformation de la mobilité quotidienne et la vision de cette mobilité à l'issue de la transformation de l'économie proposée par notre PTEF. Ce travail a été réalisé par une petite équipe dédiée, qui s'est appuyée sur la littérature et les données disponibles dans le domaine, notamment les travaux qui ont été établis par le *Shift Project* ces quatre dernières années.

L'équipe mobilité quotidienne a intensément interagi avec les équipes en charge de l'urbanisme, de l'industrie automobile et de l'industrie des transports.

Elle a également participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière, en partenariat avec les secteurs de la mobilité longue distance et du fret, afin de garantir la cohérence d'ensemble de ses hypothèses.

II- Notre point de départ

Description de la mobilité quotidienne actuelle (flux physiques, impacts) :

La mobilité quotidienne représente environ 550 Gpkm/an, soit environ 8 500 km/hab/an.

Ces distances sont effectuées pour les motifs suivants :

Motif	Part des kilomètres effectués
Aller au travail	22 %
Visites à des amis ou de la famille	15 %
Loisirs	15 %
Déplacements professionnels (missions, tournées...)	10 %
Faire des achats en grandes surfaces	10 %
Accompagner ou aller chercher des personnes	10 %
Faire des achats dans des magasins de proximité	5 %
Études (école, collège, lycée, université...)	5 %
Soins, démarches administratives	5 %

Les distances parcourues sont réparties entre les modes suivants :

Mode	Part des kilomètres effectués
Voiture	82 %
Trains régionaux, RER, métro, tramway	7 %
Autocar ou autobus	6 %
Marche à pied	2 %
Deux-roues motorisés (motos, scooters)	2 %
Vélo	1 %

Ensemble, ces besoins de mobilité génèrent la consommation d'environ 210 TWh²/an (soit environ 18 Mtep/an, ou l'équivalent de 350 L d'essence par habitant) sous diverses formes d'énergie :

Vecteur énergétique	Part de l'énergie consommée
Diesel	70 %
Essence	25 %
Electricité	3 %
Gaz (GNV)	0 %

Cette consommation d'énergie (à l'usage) génère environ 63 MtCO₂eq/an, dont environ 51 MtCO₂eq/an sur le territoire français (la différence étant due aux étapes d'extraction, transport, raffinage des carburants fossiles, supposées avoir lieu en majorité en dehors du sol français).

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

- Dominée par la voiture thermique (82 %), la mobilité quotidienne représente environ **11 % des émissions territoriales de la France**, ce qui en fait un secteur majeur à décarboner. La mobilité totale (personnes et marchandises) dépend à 95 % du pétrole.
- Avec l'étalement urbain, une part croissante de la population habite en **zone périurbaine** sans alternative satisfaisante à la voiture. Les foyers modestes consacrent une part significative de leur budget à l'achat de carburant pour des déplacements contraints (domicile-travail/études). Ils sont donc très sensibles aux évolutions du prix du carburant.
- Le plus grand point de vulnérabilité de la mobilité quotidienne est donc sa grande **dépendance aux carburants liquides fossiles**. En cas de baisse subie de l'approvisionnement pétrolier en France (qu'on pourrait imaginer comme une combinaison de périodes de pénurie en pétrole et d'une hausse rapide du prix du pétrole), seuls les urbains dont le travail se situe également dans l'urbain peuvent maintenir leur mobilité dans une mesure décente. Le reste de la population, hautement dépendant à la voiture, subit une réduction drastique de sa capacité à se mouvoir, y compris pour aller au travail.
- Au-delà de leur consommation en carburant fossile, la **production** des voitures a un impact conséquent sur l'environnement (extraction des matériaux, énergie mobilisée et émissions de GES associées), d'autant plus pour une voiture électrique (fabrication de la batterie). Ainsi, la transformation du véhicule lui-même et de son vecteur énergétique ne répond que partiellement aux enjeux de résilience et de sobriété.
- Envisager un avenir résilient implique donc de concevoir et mettre en œuvre une **mobilité fondée sur des modes intrinsèquement sobres** et ne reposant pas – ou dans une moindre mesure – sur des ressources dont l'approvisionnement risque fort d'être contraint.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Nous avons exploré quatre axes d'actions pour faire évoluer les usages – les comportements de mobilité – et les véhicules : réduire le nombre de km parcourus ; induire un report vers des modes moins carbonés et mieux remplis ; améliorer les véhicules et leurs carburants ; accompagner le changement de comportement et promouvoir une vision désirable de la mobilité décarbonée. Nous tenons pour acquis que la décarbonation de ce secteur ne pourra émerger que d'une combinaison de l'ensemble de ces axes d'actions.

Les deux premiers axes sont décrits dans cette fiche ; le troisième sera décrit dans la fiche sur l'industrie automobile ; quant au dernier, il sera précisé dans un document d'approfondissement des mesures concrètes à mettre en place pour que la mobilité quotidienne évolue dans le sens du PTEF.

² Twh électriques ou TWh PCI (pouvoir calorifique inférieur) pour les carburants.

1- Diminuer le nombre de kilomètres parcourus

Réduire le besoin de déplacement, c'est repenser la manière dont on effectue ses activités, alors que certaines d'entre elles sont nécessaires au secteur productif (trajets domicile-travail, clients, tournées ou déplacements professionnels courts, etc.), et d'autres au bien-être des individus (alimentation, santé, culture, éducation, etc.).

- Toute réduction du besoin de déplacements (tout en conservant un bon accès aux activités, qu'il s'agisse d'accéder au travail ou à d'autres activités) permet de réduire la demande en véhicules (moins de véhicules à produire chaque année), la demande en énergie alimentant les déplacements, et, par cette réduction des flux physiques, un moindre impact environnemental et une meilleure résilience à des contraintes sur l'approvisionnement énergie/matière. C'est pour cela que nous considérons prioritairement ce levier.
- Toutefois, il faut s'assurer que la mise en place de ces actions ne génère pas de flux physiques supérieurs à ceux qu'elles permettent d'éviter. Par exemple, le télétravail génère des besoins accrus d'usages numériques (comme l'a démontré la crise de la COVID-19) et donc potentiellement d'infrastructures numériques.
- Le PTEF propose une évolution de l'urbanisme vers des villes des courtes distances. L'objectif est de réduire les distances parcourues dans le cadre de la mobilité quotidienne de 20 %, par le rapprochement des activités et services des lieux d'habitation, ou encore la numérisation d'un certain nombre d'usages (télétravail, e-santé...). Toutefois, nous n'avons pas encore la capacité de justifier par des raisonnements « physiques » que cet objectif puisse être atteint, nous retenons donc une hypothèse de réduction des distances parcourues de 5 % grâce aux évolutions urbanistiques³. Le passage de cette hypothèse de 5 % à 20 % réduirait significativement la consommation d'énergie du secteur, ainsi que le nombre de véhicules à produire chaque année pour assurer la mobilité.
- Le PTEF prend une hypothèse forte de télétravail : on suppose que 40 % des emplois seront télétravaillables 2,5 jours/semaines. Cette hypothèse tient compte du fait qu'environ 40 % des emplois pourraient être télétravaillables quelques jours par semaine actuellement (la crise du COVID a révélé qu'environ 1/3 des actifs a pu télétravailler). Etant donné la part des déplacements domicile-travail (un peu plus de 20 % des distances parcourues pour la mobilité quotidienne), ce sont moins de 5% des kilomètres qui sont évités par cet axe de transformation. On garde une hypothèse haute de 5 % des distances évitées. Cette hypothèse est peu dimensionnante⁴ dans l'image générale de la mobilité quotidienne après transformation.
- D'autres hypothèses auraient pu être prises mais ne l'ont pas été. Certains scénarios prospectifs supposent une augmentation significative de la mobilité (les gens se déplacent de plus en plus), ce qui suppose une continuation de l'étalement urbain (des distances plus longues à parcourir), et des déplacements plus rapides (le temps n'étant pas extensible), ou permettant plus de « temps utile » (par exemple, pouvoir travailler dans une voiture autonome), et donc un ensemble d'infrastructures et de véhicules (plus lourds car plus rapides et équipés) qui démultiplient les flux physiques. Cette augmentation des flux physiques permet, en termes de modes de vie, une prolongation de l'idée du « pavillon individuel pour tous », ainsi que de celle de « l'hypermobilité pour tous ». Nous nous plaçons donc en rupture avec ces idées, aussi séduisantes soient-elles, pour des raisons de limites des flux physiques.

2- Report vers des modes plus sobres en carbone et mieux remplis

La voiture représente 65 % des déplacements effectués et 82 % des distances parcourues, avec un taux d'occupation moyen de 1,4. La marche représente 22,3 % des déplacements mais 2 % des km parcourus. Les transports collectifs (train, bus) constituent 8,4 % des déplacements et 10 % des km parcourus. Le vélo représente 2,7% des déplacements et 1% des distances parcourues, malgré un taux d'équipement moyen de 1 vélo par foyer. Pour réduire les émissions de GES, le report doit s'effectuer en

³ Nous étudierons les possibilités concrètes qu'a l'urbanisme de réduire les distances parcourues, lors de la prochaine phase de notre travail, afin de voir si cette hypothèse peut être plus forte.

⁴ Autrement dit, les résultats en termes de consommation d'énergie, d'émissions de GES, de modes de vie et de résilience, changent peu si l'hypothèse n'est pas entièrement atteinte.

priorité vers les modes les plus sobres en carbone : la marche, les cycles (et autres deux-roues et engins électriques légers), les transports en commun et enfin le covoiturage.

a. Marche, vélos, vélos à assistance électrique (VAE) et deux-roues électriques légers (2REL)

- Nous supposons un développement fort des infrastructures support de la marche (trottoirs suffisamment larges y compris en banlieue et zones périurbaines des agglomérations, bancs) et des vélos, classiques et à assistance électrique (pistes et bandes cyclables, stationnement...). Ces infrastructures rendent la pratique de la marche et du vélo sécurisées, dans les centres-villes comme dans les zones périurbaines.
- Nous supposons une acquisition forte de matériel pour le vélo (cycles équipés, casques, antivol...) par les ménages. De même, les ménages s'équipent en s-pedelec ou scooters électriques afin de réaliser une part significative de leurs déplacements avec ces modes, qui consommeront 20 à 25 fois moins d'énergie au kilomètre que les voitures sobres du PTEF.
- Nous supposons en parallèle la création de services autour de la massification de ces véhicules et équipements : vente, location, entretien, réparation, assurance...
- Ainsi, nous supposons que la part de la marche passe de 2 à 4 % des distances parcourues, que la part du vélo classique, passe de 1 à 8 %, et que la part du VAE, s-pedelec ou des deux-roues électriques légers passe d'environ 0 % à 17 %. Ensemble, ces modes couvrent quasiment tous nos déplacements de 20 km ou moins dans le PTEF (sauf les déplacements où des personnes ou des marchandises/courses volumineuses doivent être transportées)⁵.

b. Transports en commun

- Nous supposons un développement des transports publics express, qui permettent de décarboner les trajets qui relient le centre-ville et sa périphérie éloignée, dans les grandes agglomérations. Ce développement sera porté par la mise en place de voies dédiées aux autocars (pouvant également accueillir le covoiturage) sur les autoroutes aux abords des grandes villes, au détriment d'une voie classique lorsque c'est pertinent (sans création d'infrastructure routière supplémentaire). Il le sera également par une légère augmentation des capacités et des services (fréquence et amplitude horaire) de transport par trains régionaux.
- Ce développement devrait permettre un léger report de la voiture vers des services d'autocars express et, dans une moindre mesure, vers les trains régionaux ou RER. Les autocars doubleraient ainsi leur part des distances parcourues, atteignant 5 % des distances, et la part des trains régionaux augmenterait légèrement (de 5,5 % à 6 %)⁶.
- Dans les zones urbaines, nous supposons une stabilisation de la part des bus, métros et tramways à environ 5 % des distances parcourues. Cette stabilisation résulte de deux tendances opposées qui se compensent. D'une part, la vitesse commerciale des transports collectifs urbains est sensiblement égale à celle du vélo en ville (15 à 20 km/h), si bien qu'ils sont utilisés majoritairement pour les trajets courts (quelques kilomètres). Nous privilégions le fort développement des deux-roues individuels, par rapport au développement de l'usage des modes collectifs urbains, qui aura donc tendance à baisser. Mais d'autre part, ce report sera compensé par un vieillissement de la population (la part des plus de 65 ans va passer de 21% actuellement à 27% en 2050), dont on suppose que les plus de 65 ans utiliseront moins les deux-roues. On suppose ici que ces deux tendances se compensent⁷.
- D'autre part, nous supposons que l'ensemble du parc de bus urbains est motorisé à l'électrique. L'usage des bus urbains est relativement propice à l'usage de l'électrique, leur parcours moyen

⁵ Ce calcul découle des ordres de grandeur obtenus dans l'étude du *Shift Project* « Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité » (The Shift Project 2017).

⁶ Cette estimation tient compte des trajets effectués en heure de pointe en voiture, entre la périphérie et le centre des grandes agglomérations françaises, et tient compte de la part de la population qui a facilement accès à une gare ou une autoroute, selon les calculs de l'étude *Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité*.

⁷ Mais si ce n'était pas le cas, les résultats changeraient peu.

étant relativement court, et le nombre d'arrêts importants, permettant d'éventuelles recharges partielles en cours de parcours (Bénita et Fayolle 2018).

c. Voiture

Dans le PTEF, la part de la voiture dans les distances parcourues se réduit de 80 % à 50 % des distances : la voiture est quasi exclusivement utilisée pour des trajets plus longs que 20 km, ou pour des trajets qui requièrent de transporter des personnes ou des courses/marchandises.

Nous supposons la mise en place d'infrastructures et de services favorisant la pratique du covoiturage (voies réservées sur les autoroutes, parkings deux-roues et voitures pour réunir les covoitureurs en périphérie des villes, places de parking réservées dans les villes...). Ces infrastructures pourraient permettre une augmentation des taux de remplissage des voitures de 15 % pour la mobilité quotidienne, passant de 1,4 à 1,6 passager par voiture⁸.

IV- La mobilité quotidienne après transformation

Description physique de la mobilité quotidienne après transformation :

Suite à la transformation, la mobilité quotidienne met en jeu environ 550 Gpkm/an, soit environ 7 650 km/hab/an (contre 8 500 actuellement). Cette estimation résulte d'une augmentation de la démographie, compensée par les effets du télétravail et de l'urbanisme des courtes distances⁹ (d'où la légère baisse des distances parcourues par personne).

L'accessibilité aux mêmes activités qu'aujourd'hui est garantie.

Les distances parcourues se répartissent après transformation selon les modes suivants :

Mode	Part des kilomètres effectués (actuelle)	Part des kilomètres effectués (après PTEF)
Voiture	82 %	53 %
Trains régionaux, RER, métro, tramway	8 %	8,5 %
Autocar ou autobus	5,5 %	8,5 %
Marche à pied	2 %	4 %
Deux-roues motorisés thermiques	1,5 %	1 %
VAE, deux-roues électriques légers	0 %	17 %
Vélo	1 %	8 %

Le taux de remplissage des voitures pour la mobilité quotidienne est 15 % plus élevé qu'aujourd'hui.

Les impacts énergie/climat de la mobilité quotidienne après transformation :

- En cohérence avec la fiche sur l'industrie automobile, nous supposons que 30 % du parc de voitures est encore motorisé au thermique (bioGNV, ou biodiesel, ou bioéthanol), et 70 % à l'électrique.
- Ensemble, les besoins de mobilité génèrent la consommation d'environ 39 TWh¹⁰/an (contre 210 actuellement), soit environ 3,3 Mtep/an.
 - Les formes d'énergie suivantes sont consommées :

Vecteur énergétique	Part de l'énergie consommée (actuelle)	Part de l'énergie consommée (après PTEF)

⁸ Cette estimation suppose un développement fort du covoiturage pour les trajets les plus longs de la mobilité quotidienne. L'étude sur la mobilité quotidienne en Ile-de-France et Normandie, en cours d'élaboration au *Shift Project*, tend à montrer qu'il s'agit d'un seuil haut de l'effet du covoiturage. L'effet du covoiturage est relativement sensible sur les résultats, si bien que si cette hypothèse n'est pas atteinte, la consommation d'énergie, et les flux de matières pour produire les véhicules, augmenteraient de quelques pourcents.

⁹ En supposant que l'urbanisme permette de réduire les distances quotidiennes de 20 %, un Français moyen parcourrait alors environ 6 400 km/hab/an.

¹⁰ Twh électriques ou TWh PCI (pouvoir calorifique inférieur) pour les carburants.

Essence/Diesel/Gaz	97 %	46 %
Électricité	3 %	54 %

- Pour illustrer, c'est l'équivalent d'une bouilloire d'1 kW fonctionnant une douzaine de jours à temps plein par habitant chaque année, additionnée à 26 L d'essence par habitant.
- Cette consommation d'énergie (à l'usage) génère environ 4 MtCO₂eq/an sur le territoire français (contre 51 Mt actuellement), si on suppose que les carburants liquides sont des agrocarburants produits dans les conditions actuelles, et que l'électricité est produite comme actuellement.

Description des modes de vie et de l'emploi de la mobilité quotidienne :

La mobilité quotidienne après transformation présente plusieurs différences majeures avec la mobilité actuelle.

- Un **environnement de mobilité** redéfini par l'urbanisme et les infrastructures de mobilité :
 - Un urbanisme des courtes distances¹¹ permet aux habitants de villes, petites, moyennes ou grandes, d'avoir accès à leurs activités quotidiennes (loisirs, études, achats) à une moindre distance qu'aujourd'hui.
 - L'espace urbain pour la circulation est quasi-intégralement réservé aux transports en commun, aux cycles et aux 2REL (ainsi qu'adapté aux transports d'urgence et VTC¹²).
 - L'espace périurbain reste adapté à la voiture, mais les vitesses y sont réduites dans les centres-bourgs. L'espace est partagé, et notamment la circulation pour les cycles et autres véhicules très légers y est confortable (soit en espace partagé avec la voiture, dans les bourgs, soit par des pistes cyclables dédiées).
- **Les ménages sont équipés de différents cycles** en fonction de leurs besoins de mobilité (vélos pour les jeunes, VAE, s-pedelec et/ou scooters électriques pour les adultes, un vélo-cargo avec ou sans assistance électrique pour les petites courses ou le transport d'enfants, fauteuils roulants électriques pour les personnes à mobilité réduite). Les ménages qui en ont besoin (typiquement dans le périurbain ou le rural) possèdent également une ou deux voitures sobres.
- Un ensemble de **garages locaux pour l'entretien et la réparation des cycles** et 2REL maille le territoire plus finement que les garages « généralistes » qui s'occupent aussi des voitures. Des garagistes spécialistes de ces petits véhicules y exercent.
- Des services de **bus express** sont en place pour compléter les trains régionaux aux abords des grandes agglomérations, sur les axes non ferrés.
- Pour la grande majorité des **trajets courts** (inférieurs à 20 km) et qui ne nécessitent pas de transporter de marchandises ou de personnes, les **cycles ou 2REL** sont utilisés, en fonction de la distance. Les 2REL atteignent des vitesses de 45 km/h (s-pedelec) à 70 km/h (scooters électriques). Ils partagent l'espace avec les vélos ou les voitures selon leur vitesse.
- Pour les **trajets longs**, les **autocars ou trains régionaux** sont utilisés notamment pour les trajets domicile-travail ; dans les cas où ces alternatives n'existent pas, la voiture sobre est utilisée.
- La **voiture sobre** (voir fiche sur l'industrie automobile) est plus aérodynamique et légère qu'aujourd'hui. Certaines voitures (30 %) sont thermiques, avec une motorisation efficace et hybridée ; les autres sont électriques (70 %).
- **L'usage de la voiture, même sobre, est relativement rare** (ou luxueux si on traduit en termes marchands). On le réserve aux trajets pour lesquels les autres véhicules ne sont pas adaptés. Ceci n'est pas vécu comme une contrainte, car :
 - l'usage des cycles et deux routes électriques (2REL) est le quotidien de tous et n'est pas perçu comme étant réservé aux catégories socio-professionnelles « inférieures » ;

¹¹ Voir fiche dédiée

¹² Voiture de Transport avec Chauffeur

- les véhicules dits « de fonction » sont adaptés à leur juste usage (ils peuvent donc être des cycles ou 2REL si c'est adapté) et les véhicules « de représentation » sont des voitures sobres ; ces voitures sobres ne constituent ni signe de distinction sociale positif, ni négatif ;
- L'espace télévisuel et publicitaire met en scène de manière positive des Français se déplaçant avec ces modes légers, des transports en commun ou avec des voitures sobres (y compris en covoiturage), et non pas avec des voitures consommatrices ou extravagantes.
- Les **vitesse**s maximales des déplacements quotidiens sont un peu **plus faibles** qu'actuellement (zones 30 dans les centres-bourgs et dans les centres-villes des agglomérations), mais les distances moyennes sont raccourcies par l'organisation de la ville, et les voies sont moins congestionnées par le faible espace pris par les véhicules, si bien que le temps global passé à se déplacer n'est pas plus long qu'aujourd'hui.
- L'environnement urbain est « **apaisé** », moins bruyant qu'actuellement et peu pollué. Les problèmes de santé, exacerbés ou causés par la pollution de l'air, y sont moins présents. L'accidentologie grave y est nettement réduite.
- On attend de la **création d'emploi dans la distribution et la réparation de cycles**, qui absorbera sans compenser une partie de la perte d'activité de la distribution et maintenance de l'automobile.
- Le reste des **changements sur l'emploi** sera **essentiellement qualitatif** (report de génie civil sur des infrastructures cyclables plutôt que sur des grands projets de contournement routier), léger (2,9k ETP dans l'accompagnement au changement des pratiques) ou marginal (emplois dans les collectivités pour l'accompagnement des employeurs, formation des élus et fonctionnaires territoriaux).
- Certaines questions demeurent en suspens : selon les modalités de développement du télétravail (à domicile, dans des entreprises existantes, dans des tiers-lieux...) il est possible qu'une filière soit à créer.

Résilience de la mobilité quotidienne :

En cas de baisse subie de l'approvisionnement pétrolier en France, la mobilité quotidienne n'est pas du tout affectée (en tous cas pas directement), étant donné que les modes de mobilité ne sont pas alimentés par des carburants fossiles importés. Y compris en cas de problèmes d'approvisionnement énergétique, une mobilité minimale confortable peut se maintenir via les cycles ou les 2REL qui requièrent très peu d'énergie pour fonctionner, et grâce à l'urbanisme qui permet l'accès à de nombreux services dans un rayon acceptable avec ces véhicules.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Mobilité longue distance

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- La mobilité voyageurs longue distance dans le PTEF

Périmètre du secteur et activités incluses dans la mobilité voyageurs longue distance :

- Le secteur de la mobilité longue distance couvre l'ensemble des déplacements de personnes réalisés sur une distance supérieure à 100 km.
- Notre périmètre prioritaire est celui des mobilités qui trouvent leur origine et leur destination sur le territoire métropolitain. Pour les besoins de certaines analyses, on ajoutera à cette mobilité sur le territoire national le périmètre de la mobilité internationale.
- Les déplacements peuvent être réalisés pour différents motifs (déplacements professionnels, domicile-travail, domicile-études, séjours touristiques, visites à des amis ou de la famille...). La mobilité longue distance recouvre majoritairement des déplacements occasionnels.
- Les déplacements peuvent être réalisés par mode routier (individuel ou collectif), par mode ferroviaire ou par mode aérien. Nous négligeons les modes maritime (bateaux de croisière) ou fluvial qui représentent un volume de déplacements faible.
- Nous ne voyons pas émerger de nouveau mode de transport à l'horizon 2050 (pas d'hyperloop, pas de voitures volantes).
- Les enquêtes caractérisent généralement les déplacements par le mode de transport principal employé. Les modes de transport collectif peuvent nécessiter un parcours de pré/post acheminement. Ce parcours revêt une importance cruciale. La capacité à le réaliser dans de bonnes conditions de confort et de sécurité conforte l'attractivité du mode de transport principal. C'est pourquoi les transporteurs prêtent une grande attention à ce sujet dit « du dernier kilomètre ».
- La mobilité longue distance recouvre des activités professionnelles de plusieurs natures :
 - Exploitation des services de transports : marketing et commercialisation des titres de transport, gestion de lignes, personnel de bord (conducteurs ou pilotes, personnel accompagnant), maintenance et réparation des flottes de véhicules...).
 - Construction des flottes (construction des avions, trains, voitures, autocars...), qui fait partie du périmètre de l'industrie des transports. Dans la présente version (en cours) du PTEF, cette branche de l'industrie est incluse dans les fiches relatives à l'industrie, sur les aspects de consommation de matériaux.
 - Construction, exploitation et maintenance des infrastructures (routes et autoroutes, voies ferrées et gares, aéroports). Cette branche de l'industrie sera à terme traitée dans les fiches relatives à l'industrie.
- La construction automobile et les services relatifs à la voiture (entretien, réparation, vente, location...) ne sont pas directement traités par notre secteur car ils sont rattachés au périmètre de la fiche sur l'industrie automobile.
- Pour les industries ferroviaire et aéronautique, le traitement des impacts économiques a en revanche vocation à être réalisé directement par le secteur de la mobilité longue distance.

Sujets communs avec les autres secteurs :

L'évolution de la mobilité longue distance est pensée en lien avec la transformation de l'économie :

- Une réflexion commune avec le secteur de la mobilité quotidienne a conduit à considérer que la mobilité longue distance utilise le même parc de voitures que la mobilité quotidienne (voir fiche sur l'industrie automobile).
- Notre secteur interagit avec celui du fret : ainsi, certains services principalement conçus pour la mobilité des personnes peuvent aussi servir au transport des marchandises (par exemple, on

peut imaginer des trains mixtes acheminant des voyageurs et des marchandises faiblement massifiées, de type colis).

- Les infrastructures support de la mobilité longue distance sont également support de la mobilité quotidienne, avec plus ou moins de recoupements : les voies ferrées aux abords des grandes agglomérations et les gares des agglomérations servent pour la mobilité quotidienne et la mobilité longue distance. Elles servent parfois également pour le transport de marchandises par train. Cela peut mener à des goulots d'étranglement et des choix à faire entre ces usages d'une même infrastructure. Il en va de même pour le réseau routier.
- Les infrastructures de transport sont également partagées avec le fret. Le programme d'investissement dans les infrastructures ne peut donc faire l'économie d'une lecture croisée des perspectives d'utilisation par les flux de transport de voyageurs et ceux de marchandises.
- De même, les infrastructures énergétiques alimentant la mobilité longue distance sont souvent partagées avec celles de la mobilité quotidienne et celles du fret. Ainsi, les stations-services (fournissant en grande majorité des produits pétroliers) servent à l'ensemble de ces mobilités.
- L'habitat joue sur les besoins de mobilité et sur les modes de transport utilisés (plus la ville est dense et plus les distances à parcourir entre villes sont élevées, plus le train est avantage par rapport à la voiture). Les évolutions attendues sur le secteur urbanisme et habitat sont donc essentielles pour anticiper celles de la mobilité.
- Les évolutions de l'emploi et de sa localisation (emploi concentré à certains endroits du territoire, ou réparti de manière plus diffuse), influenceront également sur les besoins de mobilité.
- Le secteur du numérique a également des impacts. Le développement des outils de visioconférence et des pratiques de télétravail modifie les besoins de mobilité.

Organisation interne de l'équipe longue distance, interfaces avec les autres équipes :

- Le secteur de la mobilité à longue distance des voyageurs repose sur une petite équipe dédiée (6 personnes).
- L'équipe mobilité longue distance a interagi avec les équipes en charge de la mobilité quotidienne et du fret.
- Le secteur a également interagi avec l'industrie automobile.
- Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées pour établir les grands axes de transformation de la mobilité à longue distance et la vision de cette mobilité après transformation de l'économie.
- Nous nous sommes basés sur la littérature et les données disponibles dans le domaine, notamment les travaux qui ont récemment été établis par le *Shift Project* sur le transport aérien.
- Des premières estimations des impacts sur l'économie et l'emploi ont été discutées avec les secteurs transverses.

II- Notre point de départ : la mobilité longue distance aujourd'hui

Sources statistiques et description de la mobilité longue distance (flux physiques actuels) :

Les sources statistiques annuelles permettant de mesurer le niveau de la mobilité longue distance des ménages sont le bilan de la circulation et l'enquête sur le suivi de la demande touristique des Français (SDT). La dernière édition des résultats de cette enquête, réalisée par la Direction générale des entreprises, a été publiée en 2018.

L'enquête sur le suivi de la demande touristique des Français dresse le portrait suivant de la mobilité des Français de plus de 15 ans en 2016 :

- Chaque année, un résident en France métropolitaine, âgé de plus de 15 ans, réalise 4,2 voyages (chaque voyage = 1 aller + 1 retour) qui l'éloignent de plus de 100 km de son domicile.
- Il parcourt ainsi environ 5 100 km, soit 1 207 km en moyenne par aller-retour.
- Les voyages sont majoritairement réalisés pour motif personnel : 3,5 voyages personnels et 0,7 voyage professionnel par personne. 87 % des distances parcourues à longue distance le sont pour des motifs personnels, et 13 % pour des motifs professionnels.

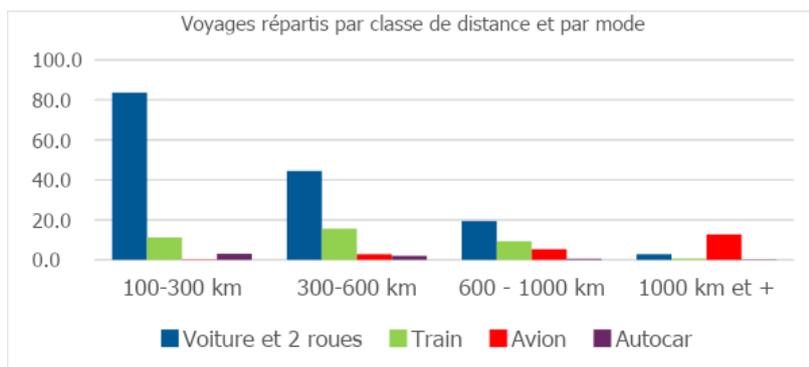
L'enquête permet de distinguer les voyages sur le territoire métropolitain et les voyages à l'étranger :

Type de déplacement	Millions de voyages (2016)	Milliards de voyageurs/km (2016)	Distance moyenne (aller+retour)
À l'étranger	28,1	122,8	4370
Motif personnel	24,7	109,4	4429
Motif professionnel	3,5	13,5	3857
En France métropolitaine	191,7	142,4	743
Motif personnel	158,2	121,5	768
Motif professionnel	33,5	20,9	624
Total	219,8	265,2	1207

Les parts modales sont les suivantes :

Mode	Part des voyages effectués	Part des kilomètres effectués
Voiture et 2 roues	68,4 %	40,3 %
Train	16,7 %	12,9 %
Avion	9,5 %	42,6 %
Autocar	2,6 %	2,1 %
Autres modes	2,8 %	2,2 %

L'enquête fournit une autre information intéressante, celle des parts modales par catégorie de distances. On y constate sans surprise l'hégémonie de la voiture individuelle sur les distances les plus courtes et celle de l'avion sur les très longues distances.



Les distances moyennes de voyage par mode (distance de l'aller + retour) sont les suivantes :

Mode	Distance moyenne (aller/retour, en km)
Voiture et 2 roues	710
Train	930
Avion	5400
Autocar	975
Autres modes	950
Moyenne	1200

Par ailleurs, l'analyse des évolutions sur plusieurs années permet de constater que, depuis 2009, la part de l'avion dans les voyages longue distance ne cesse de croître, passant de 8,0 % en 2009 à 9,5 % en 2016. L'avion est principalement utilisé pour des voyages à plus de 1 000 km, et les distances parcourues lors de ces voyages augmentent.

L'enquête sur SDT a le mérite de nous permettre de comprendre les motifs de déplacement des Français. Elle présente en revanche l'inconvénient de ne pas recenser l'ensemble des trafics réalisés sur sol français¹.

Afin de boucler avec les statistiques officielles des transports en France (statistiques publiées par la Commission des Comptes des Transports de la Nation), nous nous sommes référés au rapport annuel de cette commission (rapport CCTN d'août 2019). Pour assurer la cohérence avec ces statistiques de trafic et les consommations d'énergie qui s'y rattachent, nous avons procédé par ventilation des trafics du rapport de la CCTN entre la mobilité quotidienne et la mobilité longue distance, pour construire notre base de trafic (voir le tableau détaillant cette ventilation en annexe).

Une difficulté a été de bien définir notre périmètre, la frontière avec la mobilité quotidienne étant souvent délicate à cerner, en particulier pour la mobilité des véhicules particuliers. Selon les enquêtes nationales (ENTD) réalisées en 1994 et en 2008, les véhicules-kilomètres des déplacements longue distance représentent 21 % des véhicules-kilomètres de l'ensemble des déplacements de voyageurs en véhicule particulier. Nous nous sommes appuyés sur ce résultat pour répartir les véhicules-km. Les taux d'occupation respectifs observés (2,2 personnes par voiture pour la mobilité longue distance) ont permis de reconstruire les voyageurs-km (voir tableau de ventilation en annexe).

La distinction avec le fret n'est pas non plus toujours simple. Ainsi, nous avons classé les parcours des véhicules utilitaires étrangers sur sol français dans la mobilité des personnes à longue distance, ce choix ayant l'avantage de respecter le plus possible la typologie proposée dans le rapport de la CCTN.

Concernant le transport ferroviaire, nous avons affecté les trafics TER à la mobilité quotidienne. Le trafic de la mobilité longue distance est donc constitué des trafics des TGV et trains classiques Intercités.

Consommation d'énergie et émissions de CO₂ :

La mobilité longue distance requiert la consommation de 8,5 Mtep/an d'énergie, essentiellement sous forme de diesel et d'essence (à 97 %, le reste étant de l'électricité). Pour illustrer, cette consommation représente environ 110 L de diesel et 40 L d'essence par habitant et par an.

La consommation d'énergie (à l'usage) des transports (voyageurs et marchandises) génère 132 MtCO₂eq par an (source rapport CCTN), dont, selon nos calculs, environ 20 % (25 MtCO₂eq sur 120 selon notre périmètre de comptage) pour la mobilité longue distance des personnes.

Le transport aérien international, non compris dans les 132 MtCO₂eq de la consommation des transports en France, pèse pour environ 18 MtCO₂eq par an à lui seul, en ne comptant que le CO₂, mais ni l'amont du carburant ni surtout les effets climatiques hors CO₂.

¹ Ceci s'explique par son périmètre : l'enquête SDT ne s'intéresse qu'aux personnes de plus de 15 ans (en 2020, les moins de 15 ans représentent 18% de la population française) ; elle ne s'intéresse qu'aux Français. Or, la France accueille 100 millions de touristes étrangers par an et leurs déplacements sur le territoire national constituent un trafic significatif ; elle ne reprend pas certains déplacements comme ceux réalisés à l'occasion d'un séjour à l'hôpital, les déplacements des VRP ou encore ceux vers les casernes.

Trafics et émissions en situation actuelle :

Les trafics et émissions caractérisant la situation actuelle sont synthétisés ci-dessous :

Mode	Trafics 2018 en milliards de voyageurs-km	Parts modales % des voy-km	Emissions en MtCO ₂ eq / an
Voiture Particulière	299	72,1 %	20,3
2 roues	6	1,4 %	0,8
Autocar	30	7,2 %	1,2
TGV	59	14,1 %	0,1
Train Intercités	5	1,3 %	0
Avion	16	3,8 %	2,6
Total	415	100%	25,0

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

Les secteurs de la mobilité (personnes et marchandises) dépendent à 95 % du pétrole.

Dominée par la voiture thermique (en nombre de voyages) et par l'avion (en nombre de voyageurs-km), la mobilité longue distance est un secteur majeur à décarboner.

En cas de baisse subite et subie de l'approvisionnement pétrolier en France (qu'on pourrait imaginer comme une combinaison de périodes de pénurie en pétrole et d'une hausse rapide du prix du pétrole), seuls les territoires bien reliés par le train offrent à leurs habitants la possibilité de maintenir leur mobilité telle qu'ils la pratiquent actuellement.

Baisser la dépendance aux importations d'hydrocarbures est indispensable pour la résilience du secteur.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Nous avons exploré quatre axes d'évolution :

- réduire le nombre de km parcourus,
- induire un report vers des modes moins carbonés,
- optimiser les remplissages,
- améliorer les véhicules et leur consommation de carburants.

Les trois premiers axes relèvent des changements de comportements. Le quatrième est celui du progrès technique.

Nous tenons pour acquis que la décarbonation de ce secteur ne pourra émerger que d'une combinaison de l'ensemble de ces axes d'actions. Le seul progrès technique ne suffira pas.

La manière d'accompagner les changements de comportements sera décrite dans un document d'approfondissement, dans le cadre de la suite du projet sur la mobilité longue distance. Le document décrira les mesures concrètes qu'il faut prendre pour faire évoluer les pratiques de mobilité dans le sens du PTEF.

L'axe relatif à l'amélioration de la performance énergétique et environnementale des véhicules sera précisé dans les fiches sur l'industrie (industrie automobile, industrie ferroviaire, industrie aéronautique).

1- Diminuer le nombre de kilomètres parcourus

Toute réduction du besoin de déplacements permet une demande en énergie réduite, des impacts environnementaux réduits et une résilience accrue aux contraintes sur l'approvisionnement énergie /

matière. Cette réduction entraîne aussi une demande réduite en véhicules (moins de véhicules à produire chaque année). C'est donc un levier prioritaire de la décarbonation.

Compte tenu d'une augmentation anticipée de 11 % de la population au cours des 30 années à venir, les 415 Mds voy-km de 2018 devraient devenir 460 Mds voy-km en 2050.

Nous nous sommes donné l'objectif de contenir le trafic en dessous de ce niveau, ce qui suppose qu'il n'y ait pas de croissance économique ou que des leviers permettent de casser le lien actuel entre croissance économique et trafic.

a. La sphère professionnelle

Le domaine du déplacement professionnel recouvre environ 13 % des trafics longue distance.

Ces déplacements sont soit occasionnels soit réguliers.

Concernant les déplacements occasionnels, la diminution de cette mobilité relève en bonne part de la responsabilité des entreprises, de leurs choix de localisation et de l'organisation du travail de leurs salariés (exemple : les rencontres avec des clients et des fournisseurs sont-elles substituables par des visioconférences ?).

Les déplacements réguliers, qui s'apparentent à du domicile-travail, représentent un volume réduit de déplacements mais qui pourrait augmenter. Le PTEF prend une hypothèse forte de télétravail. La crise sanitaire a révélé qu'environ 1/3 des actifs a pu télétravailler. Nous supposons que cette proportion progresse pour s'établir en 2050 à 40% des emplois compatibles avec le télétravail. Cette hypothèse concerne essentiellement la mobilité quotidienne. Mais elle peut aussi avoir un impact non négligeable sur la mobilité longue distance. Le télétravail est de nature à inciter les personnes à habiter plus loin de leur lieu principal d'emploi. L'effet d'allongement des distances compense en partie l'effet favorable de la réduction du nombre de déplacements domicile-travail. On peut penser que le segment des déplacements hebdomadaires ou bi-hebdomadaires sur des distances supérieures à 100 km pourrait être significativement renforcé (allongement de la distance des déplacements, et passage de la catégorie courte distance à longue distance).

Le volume de ces déplacements de domicile-travail de longue distance dépendra de l'évolution de la typologie des emplois. L'offre de transports collectifs devra être adaptée afin de rendre ces déplacements faciles et pas trop coûteux.

Afin de proposer un chiffrage de l'impact possible de ces changements, le PTEF prend les hypothèses suivantes :

- Le développement des visio-conférences permet une réduction des kilomètres parcourus de 25% pour les motifs professionnels, soit 15 milliards de voyageurs-km en 2050. Cette hypothèse reste à consolider par une analyse plus fine des déplacements professionnels de longue distance, afin de voir si le quart de ces déplacements pourrait effectivement être remplacé de manière acceptable par l'usage d'outils numériques.
- L'effet rebond dû au télétravail n'est pour le moment pas chiffré. Une analyse à mener conjointement avec les secteurs de l'emploi et de la mobilité quotidienne pourra ultérieurement permettre un tel chiffrage.

b. La sphère privé/loisirs

Réduire le besoin de déplacements de longue distance, c'est, pour les individus, repenser la manière dont ils organisent leurs déplacements touristiques et leurs vacances.

Mais les déplacements à motif personnel ne relèvent pas tous des loisirs. Beaucoup de voyages visent à visiter des proches, assister à des cérémonies (par exemple des mariages ou enterrements) ou à gérer le fonctionnement des familles recomposées. Ces déplacements revêtent un caractère plus ou moins contraint. Il paraît difficile d'anticiper une réduction de leur volume. Nous proposons de considérer le trafic associé comme stable.

L'hypothèse de sobriété se concentre donc sur le segment loisirs avec la limitation du nombre de déplacements pour les séjours courts. Des vacances moins fréquentes mais plus longues et plus enrichissantes : ce mode de vie ne paraît pas impossible à instaurer.

Sur le marché des déplacements internationaux (dont on rappelle qu'il est hors champ de la présente analyse), la limitation des vols long courrier pour des séjours au bout du monde sera évidemment à préconiser. Ces séjours qui ne se font plus au bout du monde pourraient se traduire par des séjours supplémentaires en France, générant ainsi un rebond de déplacements dans l'hexagone.

Nous voyons surtout un autre effet rebond possible lié à la poursuite de l'urbanisation. Les habitants des villes éprouvent plus que les habitants des zones péri-urbaines ou rurales le besoin de s'évader. En vertu de l'effet barbecue², la densification des villes pourrait donc générer de nouveaux déplacements³.

Le PTEF prend les hypothèses suivantes :

- allongement de la durée des séjours et réduction de leur nombre: - 10 Mds de voy-km. Cela correspond à une réduction de 2 % des distances parcourues pour les motifs personnels en 2050 ;
- poursuite de l'urbanisation : + 15 Mds de voy-km (soit une augmentation de 3 % des distances parcourues pour les motifs personnels en 2050).

Au final, l'effet cumulé de ces différentes évolutions anticipées des mobilités professionnelles et personnelles conduirait à une légère réduction de la demande de déplacements de longue distance en 2050, qui passerait de 460 à 450 Mds de voy-km anticipés.

Nous proposons d'en retenir qu'il nous paraît difficile de faire baisser significativement les flux de la mobilité longue distance.

2- Report modal : passer de la voiture et de l'avion au train

En matière de report modal, l'objectif est très clair : il faut passer de la voiture et de l'avion au train.

Le train est préférable pour deux raisons :

- Son efficacité énergétique est très supérieure à celles de la voiture et de l'avion ;
- Il roule à l'électricité (sans batteries), à 100% pour le TGV et majoritairement pour l'Intercités.

a. Plusieurs tendances de fond sont favorables au train

Les Français veulent prendre le train :

Les Français sont ouverts à l'idée d'utiliser des modes de déplacement alternatifs à la voiture, notamment les transports ferroviaires. Ainsi, 74% des Français interrogés lors d'une enquête en 2019⁴ pensent qu'il faut les privilégier.

Pour la majorité, les efforts pour améliorer l'offre doivent porter sur :

- La proximité des arrêts avec le domicile ;
- La fréquence de passage ;
- La diversité des destinations ;
- L'amplitude des dessertes ;
- Le prix.

² L'effet barbecue a été popularisé par Jean-Pierre Orfeuill. Il met en lumière le faible besoin de déplacement des péri-urbains, qui passent leurs week-ends près de leur barbecue, par contraste avec le comportement des urbains qui réalisent des déplacements à longue portée.

³ Des recherches montrent cependant que, même en prenant en compte les nombreux voyages des urbains centraux, le lien négatif entre consommation énergétique totale et densité du territoire persiste. Ceci, principalement en raison de la plus faible utilisation de la voiture par les habitants des centres-villes en comparaison avec les résidents de territoires plus périphériques.

⁴ Source: étude Transdev, 2019

Des évolutions proposées par le PTEF sont favorables au train :

- Le PTEF propose une évolution de l'urbanisme, la limitation des constructions neuves et une densification de l'habitat. La revitalisation des villes moyennes et une densification de l'habitat et de l'activité économique autour des gares constituent un schéma urbain très favorable au transport collectif. Nous estimons que ces formes urbaines permettront une diminution significative de la part de marché de la voiture individuelle.
- Certaines évolutions du secteur de la mobilité quotidienne améliorent l'attractivité du train via de nouvelles possibilités pour les parcours de pré/post acheminement. Le PTEF suppose en particulier un développement fort des infrastructures support de la marche (trottoirs suffisamment larges y compris en banlieue et zones périurbaines des agglomérations) et des vélos, classiques et à assistance électrique (pistes cyclables, bandes-cyclables...). Est aussi imaginée la mise en place de voies dédiées aux autocars (pouvant également accueillir le covoiturage) sur les autoroutes aux abords des grandes villes.

b. Trois leviers à activer : Limitation du transport aérien, création immédiate de nouvelles dessertes en train et investissements sur le réseau ferroviaire

Nous avons établi un chiffrage des trafics et parts modales accessibles en 2050.

La cible envisagée suppose un doublement du trafic des trains longue distance à l'horizon 2050. Le trafic est pris aux $\frac{3}{4}$ à la route et pour $\frac{1}{4}$ à l'avion. Le trafic aérien intérieur est divisé par 3.

Le raisonnement soutenant le transfert modal s'appuie sur trois vagues successives correspondant à l'activation de trois leviers.

Limitation du transport aérien intérieur aux origines/destinations sans alternative en moins de 4h30 en train :

Le PTEF propose que les passagers ne réalisent plus de vols intérieurs lorsqu'il existe une alternative efficace en train. Le seuil est placé à 4h30 : les trajets actuellement couverts par l'avion et sur lesquels existe une alternative par train de moins de 4h30 (alternativement moins de 4h) ne sont plus réalisés en avion (mais en train ou en voiture). Cet objectif du PTEF ne concerne pas les vols en correspondance.

L'analyse des statistiques 2019 du trafic aérien nous permet de quantifier la cible.

Temps en train (meilleur temps)	Milliards de Voy.km 2019	
	France	International
<4h	3,4	1,9
4h < X < 4h30	3,2	0,4
	6,6	2,4

On suppose que le transport aérien perd la moitié des 6,6 milliards de voyageurs-km concernés (l'autre moitié restant dans les vols en correspondance). On suppose que 75 % des voyageurs-km perdus se reportent vers le train et 25 % vers la voiture particulière.

Création de nouvelles dessertes par TGV et par train classique :

Notre connaissance du transport ferroviaire nous indique que le réseau actuel pourrait supporter plus de trains (ce qui renforce la nécessité de bien l'entretenir et de le moderniser).

À rebours des objectifs de développement des modes de transport peu carbonés, le nombre des trains longue distance a diminué ces dernières années (suppression de trains de nuit et de TGV). Parallèlement, les circulations de TGV sont de plus en plus capacitaires. Les statistiques de l'Autorité de Régulation des Transports traduisent cette augmentation constante : la capacité d'emport moyenne d'un TGV était de 646 places en 2015, 656 places en 2016, 675 places en 2017 et 684 places en 2018.

Si l'augmentation des places offertes permet des petits prix, ce qui est en soi une bonne nouvelle, la diminution des dessertes est en revanche préoccupante.

Avec ce mouvement de réduction de la fréquence et de la finesse de sa desserte, le train dégrade sa compétitivité et perd des parts de marché au profit d'autres modes. Or, les caractéristiques techniques et les coûts de fonctionnement du transport ferroviaire l'autorisent à envisager une desserte fine du territoire (moins fine que la voiture mais beaucoup plus fine que l'avion). Faire rouler un train pour transporter 300 ou 400 voyageurs peut être profitable. Il n'y a donc pas de justification économique à rechercher un effet de massification excessif.

Nous avons imaginé que se créent plusieurs nouvelles dessertes, que ce soit dans le domaine de la grande vitesse ou du train classique.

Ces dessertes peuvent être proposées dès maintenant car elles ne requièrent pas d'aménagement d'infrastructure. Il faut juste le temps nécessaire pour que les opérateurs commandent de nouveaux trains aux constructeurs et pour que les constructeurs les produisent.

Le développement d'offre intervient dans les deux grandes catégories de trains longue distance, à savoir les trains à grande vitesse et les trains classiques (trains de jour et trains de nuit), pour un total de 120 allers-retours supplémentaires, soit +25 % d'offre par rapport au niveau d'actuel d'environ 500 allers-retours quotidiens :

- 90 aller-retours TGV, avec de nouvelles offres de TGV très-longue distance, des TGV reliant les villes moyennes et de province à province, et enfin de TGV en pré ou post acheminement de l'aérien,
- 30 aller-retours pour les trains classiques, trains de jour, à l'instar de la remise en service espérée du service Bordeaux-Lyon par Montluçon, et trains de nuit.
- Toutes ces dessertes sont supposées rentables et la fin du monopole de la SNCF rend crédible un développement « naturel » de l'offre, qu'il soit le fait de nouveaux opérateurs ou de l'opérateur historique lui-même.
- L'idée de rendre le secteur attractif pour des opérateurs qui développeraient de nouvelles offres est également soutenue par l'Union européenne.

Note : la présidence allemande de l'UE veut développer des liaisons transfrontalières de passagers par le train à grande vitesse et le train de nuit. Elle présentera, le 30 septembre, son initiative s'inspirant de « l'ancien concept de Transeuropa Express (TEX) ». L'objectif : aboutir à des liaisons « attractives » pour les passagers et « rentables » pour les compagnies ferroviaires, a insisté le conservateur bavarois, le 17 juin. Et ce, grâce, « à court terme, à une coopération plus intense entre les opérateurs, des horaires optimisés, une plateforme en ligne de réservation et des liaisons directes ». Le ministre imagine aussi, « à moyen, long terme », un « cadencement européen » pour réduire les temps de correspondance. Source : Contexte

La transformation du réseau ferroviaire :

La croissance des trafics ferroviaires s'accompagne d'un vaste programme d'investissements dans la modernisation et l'extension du réseau ferré, favorable à une accélération du report modal.

Nous partons sur la réalisation du scénario le plus ambitieux élaboré par le Conseil d'Orientation des Infrastructures (scénario 3), incluant la réalisation d'ici 2037 de projets de désaturation de nœuds ferroviaires et la construction de plusieurs lignes nouvelles, notamment la ligne nouvelle Montpellier - Béziers, la ligne à grande vitesse (LGV) Bordeaux - Toulouse et les aménagements et lignes nouvelles Provence-Côte-d'Azur.⁵

Nous y ajoutons des électrifications et le doublement de la LGV Paris - Lyon⁶.

Au total la dépense serait de 100€ par Français et par an pendant 15 ans (hors investissements sur le réseau Ile-de-France), contre 58 € aujourd'hui.

⁵ Ce programme d'investissement constitue une première proposition de notre secteur. A la lumière du travail réalisé par le secteur du fret, et pour intégrer le travail réalisé par la coalition 4F, des variantes pourraient être élaborées. Nous pensons en particulier à la réorientation de l'enveloppe d'investissement de certains projets de contournements ferroviaires vers des projets permettant une meilleure intermodalité entre le rail et le fluvial.

⁶ Pour doubler le trafic TGV, il nous paraît très utile de doubler l'artère principale du réseau aujourd'hui déjà en limite de capacité.

Cette dépense reste modeste au regard des 365 € par habitant et par an investis par les Suisses dans leur réseau ferroviaire.

Elle est quasi-identique à l'effort des Allemands : avec 86 Mds € à investir en 10 ans et 83 millions d'habitants, l'Allemagne va également mettre dans son réseau ferroviaire un peu plus de 100 € par an et par habitant.

c. Impact du report modal sur les trafics 2050

L'impact simulé des mesures de report modal sur les trafics des différents modes est le suivant :

Mode	Trafics 2018 Milliards de voy-km	Trafics 2050 Milliards de voy-km Sans report modal	Trafics 2050 Milliards de voy-km Après report modal
Voiture	299	322	292
2RM	6	6	6
Autocar	30	32	28
TGV	59	64	104
Train classique	5	8	12
Avion métropole	16	17	6
Total	415	450	450

- Notre analyse du mode ferroviaire s'est pour l'instant concentrée sur la capacité à augmenter l'offre de train, avec la description de nouvelles dessertes qui augmentent l'offre de 25 % environ par rapport à aujourd'hui, et l'impact simplifié des projets d'amélioration du réseau. Doubler la fréquentation paraît une cible facilement accessible. D'autant plus qu'il manque ici l'impact de la politique de desserte des conseils régionaux qui sont en train de mettre en place des TER de longue distance, doublant les lignes TGV et offrant ainsi une alternative plus lente mais moins chère (car subventionnée) pour aller par exemple de Paris à Strasbourg ou de Paris à Lille.
- L'analyse reste surtout à compléter par des études et hypothèses sur les usages (comment les Français voyagent), afin d'estimer la compatibilité de nos pratiques de voyage actuelles et futures avec une augmentation de l'usage du train : nécessité d'avoir une voiture sur le lieu de vacances, nécessité de transporter des bagages volumineux pour la famille, embarquement des vélos, nécessité d'avoir un mode de transport pour le pré-post acheminement (c'est-à-dire le trajet de la gare jusqu'au lieu de séjour), etc.

3- Remplissage des véhicules, taux d'occupation

Le taux d'occupation des voitures est un paramètre important de la consommation d'énergie et des émissions de GES de la mobilité longue distance.

Nous n'avons pas encore estimé à quel point le taux d'occupation actuel pourrait augmenter, c'est-à-dire à quel point les pratiques de covoiturage pourraient encore se développer pour les voyages à longue distance. Cette estimation devra tenir compte du fort développement du train, concurrent direct au covoiturage.

- Comme hypothèse de calcul, nous supposons pour l'instant que le taux de remplissage des voitures reste stable pour la longue distance.

L'occupation moyenne des trains diminue. En effet, des TGV à 1 niveau et des trains classiques ont été ajoutés au parc de TGV Duplex de la SNCF.

L'occupation moyenne des trains aptes à la grande vitesse passe de 684 à 600 voyageurs par train.

Les avions offrent une capacité du type des A220 300, soit 135 places, supposées occupées à 85 %.

IV- La mobilité longue distance après transformation

1- Description physique de la mobilité longue distance après transformation

- Suite à la transformation, la mobilité métropolitaine longue distance génère, en 2050, environ 450 Gpkm/an, soit environ 6 250 km/hab/an (contre 6 390 km/hab/an actuellement).
- Cette estimation résulte d'une augmentation de la population, compensée par des effets de sobriété (d'où la très légère baisse des distances parcourues par personne).
- La part de la mobilité professionnelle baisse un peu.
- Les voyageurs-km se répartissent après transformation selon les modes suivants :

Mode	Trafics 2018 Part des voy-km	Trafics après PTEF Part des voy-km
Voiture	72,1 %	65 %
2RM	1,4 %	1,4 %
Autocar	7,2 %	6,2 %
TGV	14,1 %	23,2 %
Train classique	1,2 %	2,7 %
Avion métropole	3,8 %	1,4 %
Total	100 %	100 %

Les impacts énergie-climat de la mobilité longue distance après transformation :

- La mobilité longue distance après transformation consomme environ 3 Mtep/an (contre 8,5 aujourd'hui), répartis comme suit :

Vecteur énergétique	Part de l'énergie consommée (actuelle)	Part de l'énergie consommée (après PTEF)
Carburants liquides	97 %	53 %
Electricité	3 %	47 %

- Cette consommation équivaut à une trentaine de litres de carburant liquide, additionnée d'une dizaine de jours de consommation d'une bouilloire d'1 kW par habitant chaque année.
- Le niveau de consommation obtenu reste à consolider. Les hypothèses pour l'instant retenues pour les calculs sont :
 - le parc d'autocars est entièrement hybridé à l'électrique, ce qui réduit sa consommation unitaire de carburant liquide (type diesel) de 15 % par rapport à aujourd'hui ;
 - le parc de voitures est le même que celui circulant pour la mobilité quotidienne, et est décrit dans la fiche sur l'industrie automobile.

Certains hypothèses restent à prendre en compte :

- les TGV de nouvelle génération devraient consommer 20 % moins que les TGV actuels ; le passage au train autonome devrait également permettre des économies. Nous ne les avons pas prises en compte dans nos calculs ;
- aucune autre amélioration des consommations unitaires n'est prise en compte ;
- les électrifications de certaines lignes de trains classiques, aujourd'hui parcourues au diesel, ne sont pas encore chiffrées. Nous ne les avons pas prises en compte dans nos calculs ;

- nous supposons que les véhicules ne fonctionnant pas à l'électricité sont alimentés en carburants liquides, le bouclage macro-énergétique de la vision globale proposée par le PTEF n'ayant pas encore été tranché à ce stade du projet. Ainsi, nous pourrions décider que ces véhicules sont alimentés à l'hydrogène, au gaz issu du Power to gas, ou aux agrocarburants.
- Cette consommation d'énergie (à l'usage) génère environ 3,8 MtCO₂eq/an sur le territoire français (contre 25 Mt actuellement), en supposant que tous les carburants liquides sont des agrocarburants produits tels qu'actuellement, et que l'électricité est produite telle qu'actuellement en France.

2- Description concrète de la mobilité longue distance

- Le nombre de voyages longue distance pour le loisir ou les motifs privés augmente, mais ces voyages plus fréquents se font plus proches du domicile qu'aujourd'hui, et les quelques voyages lointains durent plus longtemps et sont moins fréquents.
- Les cadres représentants d'entreprise utilisent des outils de visioconférence pour éviter les déplacements professionnels à longue distance lorsque c'est possible.
- Le télétravail étant largement pratiqué dans les métiers qui le permettent, certaines personnes parcourent de plus longues distances qu'aujourd'hui pour les déplacements domicile-travail qu'elles effectuent quelques jours par semaine ou par mois.
- Les vitesses de déplacement sont un peu plus lentes qu'actuellement, mais le nombre de déplacements par personne a diminué, si bien que le temps passé à se déplacer n'est pas plus long qu'aujourd'hui.
- Dans le PTEF, la part de la voiture dans les distances parcourues se réduit de 72 % à 65 % des distances : cette baisse est plus faible que celle observée dans le secteur de la mobilité quotidienne.
- La voiture est quasi exclusivement utilisée pour des trajets de plus de 20 kilomètres ou pour des trajets qui requièrent de transporter des personnes ou des courses/marchandises. Le taux de motorisation des ménages diminue. S'il ne reste plus qu'une seule voiture dans le ménage, celle-ci est suffisamment spacieuse et confortable pour transporter la famille. Les SUV ne sont plus à la mode mais la baisse du poids moyen des voitures n'a pas été aussi forte qu'espérée.
- Nous supposons la mise en place d'infrastructures et de services favorisant la pratique du covoiturage (voies réservées sur les autoroutes, parkings deux-roues et voitures pour réunir les covoitureurs en périphérie des villes, places de parking réservées dans les villes...). Ces infrastructures pourraient permettre une augmentation des taux de remplissage des voitures. Cet effet vient contrebalancer la baisse tendancielle du taux d'occupation des véhicules sous l'effet de la diminution de la taille des ménages. Nous maintenons donc le taux d'occupation constant à 2,2.
- Le rabattement vers les gares et aéroports est effectué par des services de bus express et par des trains régionaux.
- Les quartiers de gare sont animés, l'activité économique s'y développe. Il est facile d'y trouver à louer des véhicules : voitures, vélos cargos...
- Les trains embarquent les vélos ; les cyclotouristes constituent une bonne part de leur clientèle.

3- Résilience de la mobilité à longue distance

Le système de transports est moins dépendant des produits pétroliers. Le maillage permis par les 30 000 km de réseau ferré (qui sont devenus 33 000 sous l'effet des ouvertures et réouvertures de lignes) et les 3000 gares rend l'essentiel du territoire très accessible en train à 90 % de la population.

Le risque de pandémie continue de constituer une menace pour les transports collectifs. Toutefois les modes ferrés et aériens ont mis au point des protocoles permettant d'assurer un service minimal avec un plan de transport réduit dès que les alertes sanitaires le justifient.

Le changement du climat pèse sur le fonctionnement des réseaux. La chaleur déforme les rails et oblige à imposer des ralentissements aux trains plusieurs jours par an. Le réseau ferré, plus maillé en 2050 qu'il ne l'était en 2020, profite d'itinéraires de contournement. Ils permettent de limiter les conséquences des incidents ou accidents. Certaines lignes que la montée du niveau de la mer menace sont maintenant doublées par des lignes nouvelles (ex : Montpellier-Perpignan).

ANNEXE : répartition des trafics entre mobilité quotidienne et mobilité longue distance à partir des données du rapport annuel CCTN d'août 2019

Trafics voyageurs 2018, en milliards de voyageurs-km	Total Mds vk	dont Mobilité quotidienne	dont Mobilité longue distance
Véhicules particuliers	757,1		
Voitures particulières françaises (VP)	672,8	444	228,8
Véhicules légers étrangers (VP et VUL)	70,4		70,4
Deux-roues motorisées	13,9	8	6,0
Transports collectifs	182,3		
Transports routiers	58,5		
Autocars	43,9	14	29,9
<i>dont transport interurbain régulier librement organisé (autocars « Macron »)</i>	2,7		
<i>dont occasionnel en autocars étrangers</i>	6,6		
Autobus et tramways	14,6	14,6	
Autobus et tramways hors Île-de-France	8,5		
Île-de-France, autobus et tramways RATP	3,7		
Île-de-France, urbain et interurbain (hors RATP)	2,3		
Transports ferrés	107,9		
Transport ferroviaire	97,1		
Trains à grande vitesse (TAGV)	58,6		58,6
Trains interurbains (dont TET)	5,5		5,5
Trains sous convention des Conseils Régionaux	13,8	13,8	
Réseau d'Île-de-France (trains et RER)	19,2	19,2	
RATP (métros)	8,1	8,1	
Métros hors Île-de-France	2,7	2,7	
Transports aériens	15,9		15,9
Ensemble	939,4	524,4	415,1



DOCUMENT DE TRAVAIL

Logement

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur du Logement dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

- Le logement regroupe les maisons individuelles isolées et groupées, et les logements collectifs.
- L'évolution de ce secteur portera sur les opérations physiques sur les logements (construction neuve et rénovation), en lien avec le secteur industrie (production et recyclage des matériaux), et également en partie sur les usages (évolution vers plus de sobriété).
- Le secteur du logement dépend largement du secteur de l'énergie pour fonctionner et est un vecteur dimensionnant de celui-ci (consommations importantes et thermosensibilité).
- Il est en lien fort avec l'Urbanisme, qui règle l'implantation, la morphologie, voire la performance du bâti.
- La localisation des logements est très liée à la localisation de l'emploi et déterminant dans la mobilité des personnes et des biens.
- Le contenu de cette fiche est volontairement centré sur les flux d'énergie et de matériaux que consomment directement les bâtiments de logement. Les secteurs en lien mentionnés ci-dessus traitent une partie des autres sujets autour du logement.

Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

- Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées pour dresser l'état des lieux, et établir les grands axes de transformation de la mobilité quotidienne et la vision de cette mobilité à l'issue de la transformation de l'économie proposée par notre PTEF. Ce travail a été réalisé par une petite équipe dédiée, qui s'est appuyée sur la littérature et les données disponibles dans le domaine.
- Le travail de ce secteur est largement basé sur un scénario d'évolution année par année et non pas uniquement sur une vision à un temps donné, du fait de l'importance de l'effet de stock (durée de vie importante des logements).
- L'équipe logement a intensément interagi avec les équipes en charge de l'urbanisme, des bâtiments tertiaires et du bois-forêt (*note : il reste un bouclage important à réaliser avec le secteur bois-forêt et les bâtiments tertiaires*). Elle a également participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière.

II- Notre point de départ

Description du logement actuel (flux physiques, impacts) :

- Le bâtiment résidentiel représente **un dixième des émissions de GES** en France, en très grande majorité du fait du **chauffage et des consommations d'eau chaude** sanitaire (ECS). En résidence principale, l'habitat individuel est de 16,3 millions de logements, en large majorité (82 %) occupés par le propriétaire. L'habitat collectif regroupe 12,6 millions de logement, surtout en immeubles de moins de 8 logements et de moins 4 étages, plus de la moitié sont en copropriété et un tiers en logement social. Les résidences secondaires (environ 10 %) et logements vacants (environ 8 %) représentent¹ ensemble près de 20 % du parc bâti.
- **La maison individuelle est plus consommatrice que le logement collectif**, ce dernier étant thermiquement plus compact et de densité plus élevée (45 m²/hab dans l'individuel en moyenne, contre moins de 35 m²/hab dans le collectif). La consommation en énergie primaire des maisons est de 161kWh EP/m².an en moyenne, contre 148 kWhEP/m².an dans le collectif.
- Une des vocations principales des logements étant de protéger leurs habitants contre le climat (mais aussi le bruit, les insécurités...) afin de leur fournir un environnement dont l'ambiance

¹ INSEE, Le parc de logements en France au 1er janvier 2018

hygrothermique est maîtrisée, sous nos climats tempérés, les logements luttent donc en premier lieu contre le froid et sont donc avant tout consommateurs d'énergie de chauffage. Dans les logements récents, soumis à des réglementations thermiques plus exigeantes sur l'énergie primaire, les consommations de chauffage sont à un niveau proche de celui des usages spécifiques de l'électricité (cuisson, équipements informatiques et audiovisuel, électroménager...).

Consommations d'énergie finale au total pour le résidentiel en 2018 (TWh EF, PCI)	
Électricité	138
Chaleur issue de l'environnement	10
Chauffage urbain	17
Gaz	135
Bois-énergie	80
Solaire thermique	3
Fioul	41
TOTAL	424

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

- L'habitat, et en particulier l'habitat individuel est de loin le **premier vecteur d'artificialisation des sols**. La vision proposée pour ce secteur recherche la compatibilité avec la contrainte de zéro artificialisation nette.
- On dénombre entre 2,6 et 5,1 millions de ménages touchés par la **précarité énergétique** selon le mode de comptabilisation choisi. L'amélioration de l'habitat doit permettre de diminuer la dépense contrainte que constitue l'énergie de chauffage et la dépendance aux énergies fossiles.
- Le secteur du bâtiment est très lié à l'énergie et constitue une **part importante de la consommation d'énergie**. C'est un des facteurs dimensionnants du système électrique, le pic de puissance électrique appelée étant lié à la pointe de consommation hivernale en soirée. La réduction des besoins et des puissances nécessaires doit permettre de limiter la contrainte sur le parc de production (notamment électrique) français.
- De par leur durée de vie longue, les bâtiments ont la **capacité de stocker du carbone** en intégrant des produits biosourcés. Cette intégration doit être faite en cohérence avec les ressources disponibles et l'éventuelle concurrence avec d'autres usages (énergie).

III- Le chemin proposé par le PTEF

Nous avons exploré quatre axes d'actions pour faire évoluer le secteur du logement : Faire preuve de sobriété dans les constructions neuves, Massifier la rénovation énergétique globale et performante, Décarboner la chaleur, Mobiliser le bâtiment comme puits de carbone. Nous tenons pour acquis que la décarbonation de ce secteur ne pourra émerger que d'une combinaison de l'ensemble de ces axes d'actions.

1- Faire preuve de sobriété dans les constructions neuves

Comme dans la plupart des démarches de réduction des impacts, la première chose à faire est d'éviter les actions créatrices d'impact. Il convient donc de **limiter autant que faire se peut la construction de nouveaux logements**. En effet, la construction de logements neufs est :

- Le vecteur principal de l'artificialisation des sols en France ;

- Coûteuse en matériaux dont certains présentent une empreinte carbone élevée (ciment, verre, acier...) et productrice de déchets ;
- Créatrice de nouveaux volumes à chauffer et rafraîchir, et donc de consommation d'énergie en phase d'usage.

Ces points sont particulièrement vrais concernant l'habitat individuel.

De plus, on construit actuellement environ 420 000 nouveaux logements chaque année (moyenne des mises en chantier 2017-2019, INSEE) tout en n'en détruisant que très peu, alors que seuls 230 000 nouveaux ménages se créent chaque année en France. On construit donc presque 2 fois plus que le strict besoin d'habitat principal. Cela est en partie lié à un décalage géographique entre les zones pourvoyeuses d'emplois et le parc de logement constitué.

En effet, sur les périodes récentes, on peut obtenir les chiffres suivants :

Nouveaux logements/an sur 2013-2018	
Résidences principales	232 000
Résidences secondaires et logements occasionnels	57 000
Logements vacants	79 000
Ensemble des logements	368 000

Nouveaux ménages/an 2010-2015	245 000
--------------------------------------	----------------

Evolution logements par catégories et de ménages à partir de données INSEE²

Le PTEF se propose donc de **réduire rapidement la construction neuve de maisons individuelles (MI) à environ un tiers de la production actuelle, tout en maintenant la production de logements collectifs (LC) à son niveau actuel, afin de parvenir rapidement à une production compatible avec l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN).**

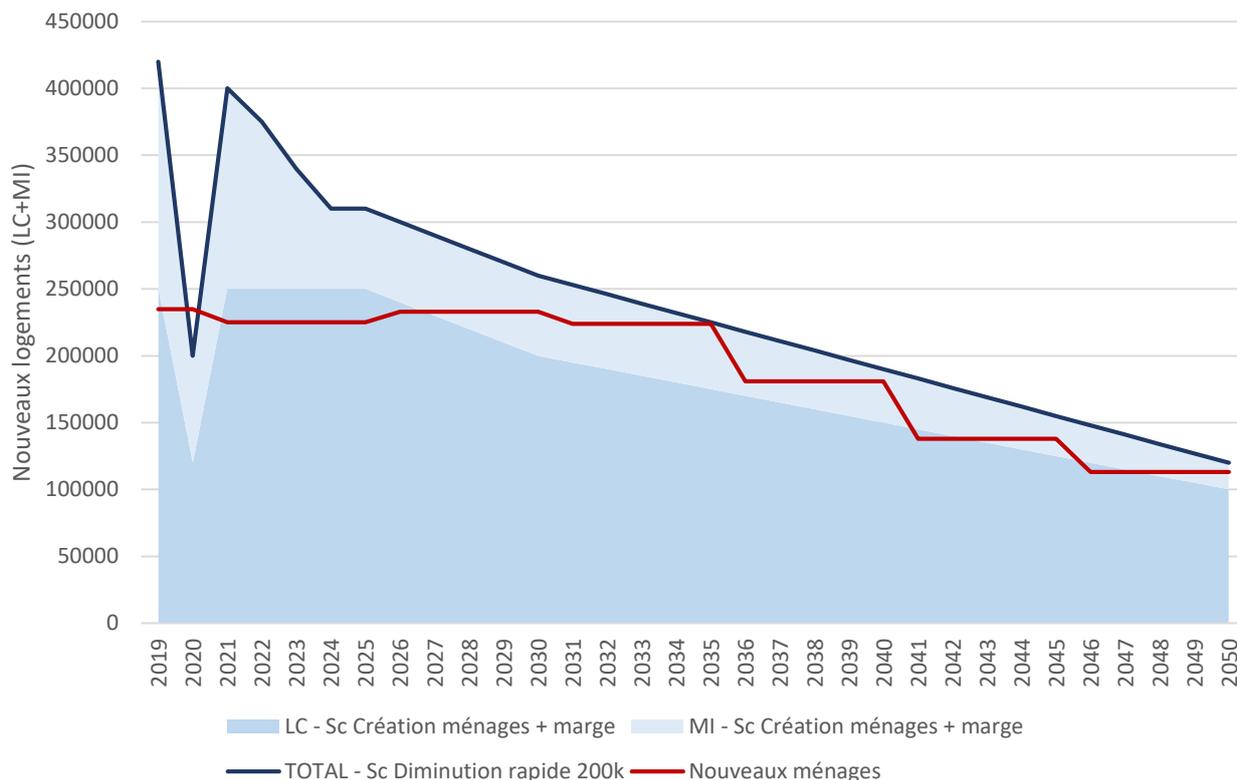
- Cela commence notamment par une réduction drastique de la construction de logements destinés à un usage d'habitat secondaire ainsi que de la construction dans les zones comptant une proportion importante de logements vacants, qui doivent être accompagnées pour rendre ces logements attractifs afin qu'ils reviennent sur le marché (à la manière du programme *Action Cœur de ville* en cours).
- Cela passe notamment par un meilleur chaînage entre les documents d'urbanisme (SRADDET > SCoT > PLU notamment) en renforçant leur liens juridiques, de la *prise en compte* vers la *compatibilité* et de la *compatibilité* vers la *conformité*, ou encore par une modification de la fiscalité.

Le scénario *Création Ménages* proposé ici est basé sur une baisse rapide de la construction de maisons individuelles (MI) afin d'atteindre les proportions permettant d'atteindre le Zéro artificialisation nette (ZAN) et un maintien du rythme de construction de logements collectifs (LC) jusqu'en 2025. Puis, la construction de MI et LC diminuent conjointement pour atteindre suivre la courbe de l'accroissement, qui devrait ralentir. En 2050, la production annuelle ne sera plus que de 120 000 nouveaux logements/an dont 20 000 maisons individuelles et 100 000 logements collectifs.

Le scénario de création de nouveaux ménages utilisé ici est issu de (INSEE, 2012). Il est considéré comme un paramètre exogène du plan, dépendant de grandes tendances de société (natalité, immigration, âge de mise en concubinage, divorce, accueil des seniors...) sur lesquels le plan n'a pas d'impact direct.

² Concernant les logements : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3620894#documentation>

Scénario Construction neuve



Scénario utilisé au sein du PTEF la production actuelle de nouveaux logements afin d'obtenir une estimation du parc en 2050. (La chute sur l'année 2020 est une estimation des conséquences de l'épidémie de Covid-19)

La production de logement reste légèrement supérieure à la création de nouveaux ménages (22 500 unités par an en moyenne entre 2030 et 2050), de manière à assurer la fluidité des migrations des zones moins attractives vers les zones plus attractives (créatrices de vacance de logements). On considère qu'à partir de 2030, le plan a pu limiter cette tendance car il sous-tend une réindustrialisation et un renforcement du secteur agricole propres à revaloriser l'attractivité de territoires (notamment ruraux) aujourd'hui en perte d'habitants, où des logements sont vacants, ou transformés en résidences secondaires. Cette tendance pourrait même s'inverser, aboutissant à un besoin annuel de nouveaux logements pour des résidences principales inférieur au nombre de nouveaux ménages.

Afin de pouvoir conclure, des études plus approfondies sur les lieux actuels de stocks et de création de logements vacants, les dynamiques actuelles de migration des ménages, ainsi que la localisation des emplois créés et détruits par le PTEF serait nécessaire. En outre, il serait également nécessaire d'évaluer les besoins en démolition de logements, aujourd'hui très faible (trop faible, peut-être³). Les effets rebonds de ces mesures sont de plus à examiner consciencieusement, notamment concernant augmentation de la demande en mobilité en cas de décalage croissant entre les zones d'habitat et d'emploi.

2- Massifier la rénovation énergétique globale et performante

Le PTEF se propose de systématiser la **rénovation globale et performante si possible en une seule fois**, au détriment des gestes de rénovations mono-lots (ou « fragmentés »). Des mesures réglementaires fortes, rendant progressivement **obligatoire** la rénovation pour les logements les plus énergivores et émetteurs de GES, permettent d'améliorer **rapidement** la performance du parc. Les logements rénovés globalement atteignent des étiquettes énergie A, B ou C du DPE.

En 2050, l'ensemble des logements antérieurs à 2012 ont été rénovés. La filière de la rénovation se maintient afin de rénover les logements plus récents.

³ <https://politiquedulogement.com/2020/04/parc-ancien-la-renovation-energetique-nest-pas-la-panacee/>

3- Décarboner la chaleur

À l'occasion de ces rénovations, les logements passent systématiquement vers des modes de chauffage de génération d'eau chaude décarbonés.

Pour la maison individuelle :

- Pompe à chaleur (PAC) air/eau
- PAC hybride
- PAC air/air + Chauffe eau thermodynamique (CET)
- Chaudière bois
- Inserts bois + convecteurs performants

Note : en 2050, il ne reste plus aucune maison individuelle alimentée au gaz, fioul ou charbon.

Pour le logement collectif :

- Réseau de chaleur urbain
- PAC air/eau collective
- PAC hybride
- PAC air/air +CET
- Joule (convecteurs, accumulateurs, panneaux radiants, etc.) + CET
- Joule pour chauffage et ECS
- Chaudières gaz : pour des questions de difficultés techniques dans les changements d'approvisionnement énergétique lors des rénovations de logements collectifs, certaines chaudières gaz sont conservées (35% des chaudières gaz collectives existantes et 75% des chaudières gaz individuelles existantes) dans le logement collectif. *Note : des systèmes fonctionnant totalement à l'effet Joule sont également conservés (30% d'entre eux).*

Dans tous les logements, l'énergie de cuisson devient systématiquement l'électricité à mesure de leur rénovation, afin d'augmenter la disponibilité du biogaz pour d'autres usages non substituables. Cela est cohérent avec la baisse de la densité d'usage liée à la fin du chauffage au gaz, qui rendra les coûts d'entretien de ce réseau plus difficiles à assumer.

Un nombre important de logement collectifs sont raccordés aux réseaux de chaleur urbain, ce qui doit permettre de densifier les réseaux de chaleur et d'améliorer leur rentabilité, diminuée par une demande de chaleur en baisse suite aux rénovations thermiques. L'hypothèse est faite que ces réseaux de chaleur s'alimentent en chaleur renouvelable et bas carbone : biomasse, géothermie, ordures ménagères, récupération de chaleur sur eaux usées... Le facteur d'émission moyen des réseaux de chaleur bénéficie donc en 2050 d'une valeur faible à 55g CO₂e/kWh en moyenne nationale.

Note : le potentiel de déploiement du solaire thermique n'a pas été étudié, aboutissant à des consommations de chaleur légèrement surdimensionnées, en particulier pour l'ECS. Concernant les besoins de chaleur également, leur évolution face au réchauffement climatique n'a pas non plus été étudiée à ce stade.

4- Mobiliser le bâtiment comme puits de carbone

Basé sur l'étude *Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et la rénovation énergétique BBC* de l'ADEME⁴, elle-même inspirée du scénario médian de **développement des matériaux biosourcés** de l'étude TerraCrea⁵ (scénario BS++) : plus rapide que le scénario tendanciel, mais moins rapide que les scénarios reposant sur une forte croissance de l'isolation biosourcée ou de la maison à ossature bois.

Le sujet de l'estimation des taux d'intégration des différents matériaux est complexe car nécessite de croiser des estimations *bottom-up* à partir d'hypothèses techniques sur la mise en œuvre des matériaux au sein des différents éléments constructifs pour des typologies de bâtiments variées et son évolution dans le temps, avec des estimations *top-down* permettant de vérifier la cohérence macroscopique des quantités consommées à l'échelle nationale. Nous renvoyons donc ici aux études sus-citées pour plus de précisions.

À titre d'information, nous reproduisons simplement ici l'**évolution des taux d'intégration** (en kg/m² de surface habitable (SHAB)) des différents matériaux dans les bâtiments neufs. Les lignes de couleurs similaires ont été regroupées au sein d'une même catégorie pour le chantier Matière.

Matériau	Évolution du taux d'intégration (kg/m ² SHAB)
Ciment	-17%
Sable	-17%
Granulats	-17%
Acier	-12%
Aluminium	-11%
Verre	-9%
Plastiques alvéolaires	-26%
Autres plastiques	-9%
Laines minérales	-37%
Bois pour isolants	+379%
Bois d'œuvres résineux	+30%
Bois d'œuvre feuillus	+37%
Autres isolants biosourcés	+315%
Bois autre	+13%
Plâtre	-3%
Terre cuite	-17%
Ardoise	-8%
Autre	-5%
Zinc	-3%
Cuivre	-8%
Autres métaux	-11%

Evolution entre 2015 et 2050 des taux d'intégration des différents matériaux au sein des logements neufs, à partir de l'étude ADEME susmentionnée

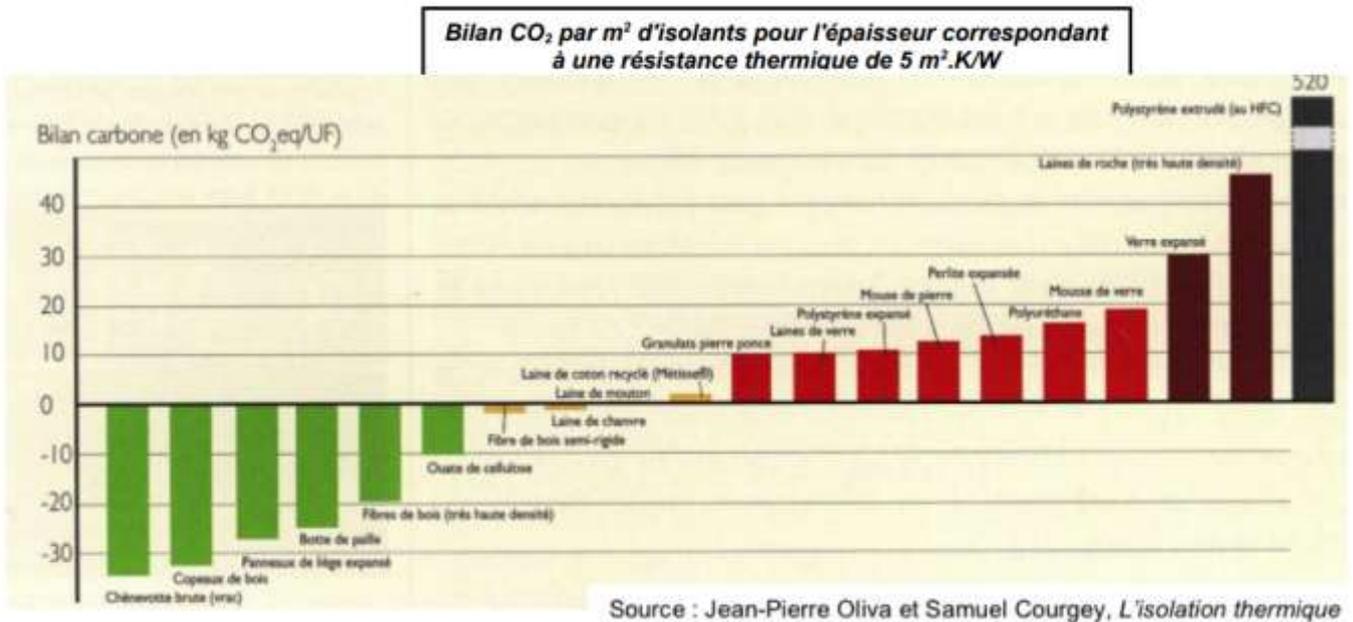
La rénovation est nettement moins consommatrice de matériaux que la construction neuve. À titre de comparaison, elle consomme en 2015 environ 1000 fois moins de matière (en masse) que le neuf, et à horizon 2050, malgré d'importants efforts sur la rénovation et de fortes restrictions sur le neuf, ce ratio est de l'ordre de 18. Cette information étant moins dimensionnante, l'approche est moins détaillée et se base uniquement sur une estimation moyenne des taux d'intégration de matériaux sur la période 2015-2050 estimée par l'étude ADEME susmentionnée.

Cette approche pourrait donc être détaillée davantage pour refléter une pénétration plus importante des isolants biosourcés et des super-isolants (tels que les panneaux sous-vide) au détriment des laines minérales ou isolants organiques aujourd'hui majoritaires. Les isolants biosourcés requièrent en général une énergie grise moindre à la fabrication. Ils ont de plus l'avantage de stocker du carbone. Les isolants

⁴ <https://www.ademe.fr/prospectives-2035-2050-consommation-materiaux-construction-neuve-renovation-energetique-bbc>

⁵ <http://lra.toulouse.archi.fr/lra/activites/projets/terracrea>

ne rendent cependant pas tous les mêmes services (inertie et impact sur le confort d'été, épaisseur à performance égale...).



Bilan carbone par unité d'isolants à résistance thermique constante ($R=5m^2.K/W$)⁶

Les taux d'intégration de matériaux issu de l'étude ADEME sont ensuite appliqués aux scénarios d'évolution du parc de logements utilisés au sein du PTEF. Les consommations de matières globales estimées pour le secteur du logement sont les suivantes :

	2019	2050
	kt/an	kt/an
Béton	50157	11456
dont ciment	6076	1393
Métaux	1008	272
dont acier	947	248
Verre	134	73
Plastiques	430	186
Laines minérales	123	180
Isolants Biosourcés	40,6	254,3
Bois	1153,7	258,3
Plâtre et enduits	1819,4	526,5
Terre cuite et céramiques	3512	530

Consommations de matière par le secteur du logement dans le PTEF.

Les grandes tendances constatées sont :

- La baisse globale des consommations de matière principalement due à la réduction de la construction neuve, fortement consommatrice de matériaux, et notamment des matériaux présentant les contenus en énergie et carbone gris les plus importants
- Seuls les matériaux isolants sont consommés en plus grande quantité, du fait de l'important effort d'amélioration thermique de l'existant
- Une augmentation importante des isolants biosourcés dans le neuf et en rénovation

⁶ http://www.infoenergie-auvergnerhonealpes.fr/wp-content/uploads/sites/57/2017/09/bbc_fiche_choix_materiaux_isolation.pdf

- Une baisse globale de la consommation des matériaux biosourcés (catégories Isolants biosourcés + Bois), qui permet de s'assurer de l'absence de risque sur la ressource en bois disponible. Le maximum de consommation annuelle de ressources biosourcées lors du pic de rénovation est supérieur à la consommation en 2050, mais reste dans les limites de la disponibilité, notamment grâce à la baisse rapide de la construction neuve de maisons individuelles, qui est la typologie la plus intégratrice de bois.

Note : Le stockage carbone n'a pas été estimé dans le cadre de cet exercice. D'autre part, les besoins en bois estimés dans cette fiche pour le logement sont pour l'instant inférieurs à ceux utilisés dans la fiche Bois & Forêt, vu la réduction de la construction de logements neufs. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour consolider les interactions entre les secteurs « forêt bois » et « construction » au sein du PTEF, et notamment sur le bâtiment tertiaire, qui n'a pas encore été pris en compte.

IV- Le logement après transformation

Description physique du logement après transformation :

Après transformation, le parc de logements compte 22 % de logements supplémentaires à horizon 2050. L'ensemble de ces logements présente **des consommations d'énergie faibles** grâce à la généralisation d'une isolation performante. En effet, plus aucun logement n'est évalué au-delà de l'étiquette C du DPE (en énergie primaire).

Les énergies fossiles ne chauffent plus aucun logement, en dehors de la composante fossile qui peut subsister sur les réseaux de chaleur. L'approvisionnement du parc se répartit de la façon suivante :

	Maisons							TOTAL
	Elec PAC	Elec conv+CET	bois	bois+conv	PAC hybride	chaudières biogaz	ch urbain	
neuf en A	1 095 500	78 250	78 250	-	-	234 750	78 250	1 565 000
A non touchées	413 053	52 730	87 884	-	-	325 169	-	878 836
B non touchées	210 225	-	413 085	-	-	529 053	-	1 118 596
C non touchées	-	74 595	62 162	-	-	139 520	-	276 277
D	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-	-
rénovées en A	2 954 234	758 055	-	711 688	983 614	-	-	5 455 000
rénovées en B	2 954 234	758 055	-	711 688	983 614	-	-	5 455 000
rénovées en C	856 526	857 443	1 526 031	-	-	-	-	3 240 000

	Appartements							
	TOTAL	Elec PAC	Elec Joule	bois	PAC hybrides	chaudières biogaz	biogaz+ENR (ECS)	ch urbain
neuf en A	7 512 700	375 635	751 270	1 878 175	-	375 635	187 817	3 944 167
A non touchés	841 214	-	168 243	8 412	-	588 850	-	75 709
B non touchés	1 143 687	274 333	-	156 765	-	567 476	131 765	156 765
C non touchés	247 927	-	106 609	38 925	-	97 931	-	4 463
D	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-	-
rénovées en A	5 758 750	1 072 947	856 935	-	252 101	687 549	229 183	2 765 281
rénovées en B	1 636 250	357 649	285 645	-	84 034	-	504 203	404 720
rénovées en C	3 655 000	2 334 945	-	932 497	-	-	-	387 558

Cela aboutit aux consommations suivantes en énergie finale (en intégrant le chauffage et l'ECS, mais également toutes les autres consommations, dont l'électricité spécifique) :

Consommations d'énergie finale au total pour le résidentiel (TWh EF,PCI) en 2050				
Type d'énergie	2018		PTEF 2050	
Électricité <i>dont chauffage</i>	138	33%	145 14	58%
Chaleur issue de l'environnement	10	2%	35	14%
Chauffage urbain	17	4%	9	3%
Biogaz	135	32%	14	6%
Bois-énergie	80	19%	47	19%
Solaire thermique	3	1%	1	1%
Fioul	41	10%	0	0%
TOTAL	424	100%	252	100%

On constate que malgré l'effort d'électrification du chauffage et de l'ECS, **la demande en électricité diminue** grâce à l'effort d'amélioration de l'isolation thermique des enveloppes, ainsi que grâce à l'utilisation à bon escient de cette énergie, via des **pompes à chaleur (PAC)** permettant de récupérer des quantités de chaleur issue de l'environnement importantes. La chaleur issue de l'environnement devient en effet la deuxième source de chaleur derrière le bois énergie.

Les impacts énergie-climat du logement après transformation :

La baisse d'**impacts énergie-climat** de la construction neuve après transformation reste à évaluer de manière précise. Elle devrait toutefois **diminuer de plus de 75 %** du fait de l'importante diminution des surfaces neuves, de la décarbonation des processus industriels permettant la fabrication des matériaux de construction et des processus de mise en œuvre, ainsi que du remplacement partiel de certains matériaux aux émissions incompressibles (décarbonation lors de la fabrication du ciment notamment).

Note : nous ne sommes pas encore certains d'atteindre les objectifs, dont le chiffrage reste à affiner ; les principales marges de manœuvre sont une réduction supplémentaire des besoins en énergie via l'enveloppe et la maîtrise de la demande, une décarbonation supplémentaire des vecteurs énergétiques, ou une sobriété accrue en m²/personne.

Description concrète des modes de vie :

Le logement après transformation ressemble beaucoup au logement actuel **soulagé de nombreux problèmes** de précarité énergétique, pathologies du bâtiment, qualité de l'air, confort d'été. Il ne nécessite pas de transformation d'usages majeure. Grâce à une action de communication et de pédagogie accompagnant la mise en œuvre des rénovations, les ménages prennent **conscience de l'impact énergétique** de leur logement, et l'utilisent de manière plus **économique**. Il n'existe plus ou presque de ménages en restriction de chauffage. Les ménages sont globalement **davantage endettés**, mais la **baisse des dépenses** de chauffage (dès que les investissements nécessaires à la rénovation sont compensés) libère du **pouvoir d'achat**.

Le logement personnel est une **fierté**, la rénovation des logements et leurs performances thermiques sont devenus des sujets de discussion courants, qui participent autant de la valeur des logements que d'autres paramètres aujourd'hui déterminants (proximité des transports en communs, des services, des espaces verts, vues, taille...). Les logements sont globalement plus **sains** grâce à l'utilisation de matériaux moins néfastes pour la santé, et la systématisation de la ventilation mécanique.

Il est maintenant plus **fréquent** d'habiter un **appartement** qu'une maison.

La **résidence secondaire** est un bien plus luxueux qu'auparavant. Un grand nombre de ces résidences continue d'exister, cependant il est très **rare** d'en voir de nouvelles se construire.

Note : nous n'avons pas exploré les marges de manœuvre en termes de sobriété en m²/personne qui pourraient se faire jour à travers les modes d'habiter (pour les résidences principales : colocation, cohabitat, autopromotion, habitat léger... ; pour les résidences secondaires : mutualisation-partage...).

Résilience du logement :

- Les logements sont plus confortables, plus ergonomique et plus sains.
- En cas de baisse subie de l'approvisionnement pétrolier en France, le logement n'est plus directement affecté. Les besoins énergétiques des bâtiments étant faibles, il est plus simple de substituer un mode à un autre (ex : radiateur électrique de secours).
- En cas de canicule, les logements restent plus frais et habitables.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Usages numériques

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Les usages numériques dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

- Les usages du numérique dans le plan de transformation regroupent tous les services faisant appel au numérique. Ainsi, tout le système numérique français est pris en compte.
- Notre système numérique est constitué d'une composante matérielle et infrastructurelle : le système technique ; ainsi que du versant socio-économique qu'il sous-tend : le système d'usages. Le monde virtuel sera ainsi soumis aux mêmes contraintes que celles s'appliquant à son support physique.
- Ce secteur inclut les activités professionnelles reliées au système numérique (maintenance des infrastructures physiques, développement de logiciel, etc.)
- Le système d'usages du numérique dépend d'autres secteurs d'activités, notamment de l'industrie et du système de production d'énergie, pour produire les appareils et infrastructures dont il a besoin pour fonctionner.
- Le système d'usages du numérique ne peut pas être pensé isolément dans une démarche de transformation de l'économie :
 - Les services numériques sont indispensables aux secteurs d'activité vitaux pour le fonctionnement et la souveraineté de notre pays, ainsi qu'à leur transformation (administration publique, santé, mobilité urbaine, urbanisme, médias, culture, éducation, finance, système énergétique, sécurité intérieure, armée, etc.).
 - Les évolutions du système numérique sont induites par les secteurs d'activité qui font appel au numérique. En effet, les usages sont dictés par les secteurs d'activité et conditionnent le déploiement d'infrastructures physiques.

Organisation interne de ce secteur et interactions avec les autres équipes :

- L'équipe numérique a interagi avec certains des secteurs du PTEF (Bâtiment, Mobilité, Industrie) afin d'établir des tendances dans l'évolution du recours au système numérique. L'équipe a aussi participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière.
- Des recherches et estimations d'ordres de grandeurs ont été menées sur la base de la littérature et des données disponibles, notamment sur les précédents travaux du *Shift Project* sur le domaine, pour établir les grands axes de transformation du système numérique et la vision de ce secteur après transformation.

II- Notre point de départ

Description du système numérique actuel (flux physiques, impacts) :

- Le système d'usages du numérique rassemble l'ensemble des actions permises par les outils numérique (envoyer un mail, regarder une vidéo en ligne, traiter des données, rédiger un rapport, etc.) ainsi que les dynamiques comportementales et sociétales qui en résultent (fréquence d'utilisation du smartphone par individu, types de contenus consommés, types de données produites et stockées, etc.). Les usages émanent des différents secteurs d'activité.
- La partie matérielle du numérique, ou système technique, rassemble les composantes physiques du système numérique, qui supportent et permettent les usages. Terminaux

Utilisateurs, Infrastructures réseau et centre de données sont les trois composantes de ce système technique.

- L’empreinte matérielle du numérique est loin d’être anecdotique : sa consommation énergétique représente en 2019 plus de 3 % de la consommation mondiale et augmente à un rythme soutenu de +9 % par an. 45 % de cette consommation d’énergie est due à la production des équipements numériques, les 55 % restants sont dus à la phase d’utilisation des appareils (The Shift Project, 2018).
- Le secteur du numérique est responsable de 4 % des émissions de gaz à effet de serre à l’échelle mondiale (soit 2,1 Gt CO₂eq), La part des émissions dues au numérique augmente chaque année avec un taux de croissance d’environ 8 % (The Shift Project, 2018).
- Le système numérique représente 396 HexaByte (EB) par mois en 2022 (Cisco, 2018) de flux de données à l’échelle de monde, dont 50 EB par mois en Europe de l’Ouest en 2022 soit une augmentation d’un facteur de trois depuis 2018.
- En 2018, un Européen de l’Ouest possède 5,6 appareils connectés (smartphone, montre, ordinateur, etc.), ce chiffre suit une croissance annuelle de 11%. (Cisco, 2018)
- Les usages du numérique représentant 600 000 emplois répartis dans 110 000 entreprises en France en 2018 (Direction générale des entreprises, 2018), les répercussions de nos mesures sur ces métiers sont donc primordiales à analyser.

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

- L’omniprésence du numérique rend sa résilience cruciale pour de nombreux aspects de la société.
- Le plus grand point de vulnérabilité du système d’usages du numérique est que la conception d’usages est trop souvent décorrélée de la réalité des infrastructures physiques.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Nous avons exploré 3 axes d’actions pour faire évoluer les usages et les comportements utilisateurs :

1. Utiliser les avancées technologiques au service de la décarbonation du système numérique ;
2. Piloter le développement d’un système d’usages sobres ;
3. Piloter le déploiement d’infrastructures réseaux et construire des territoires « intelligents », résilients et justes.

Nous tenons pour acquis que la décarbonation de ce secteur ne pourra émerger que d’une combinaison de l’ensemble de ces axes d’actions.

1- Utiliser les avancées technologiques au service de la décarbonation du système numérique

- Les data centers représentent 19% de la consommation d’énergie du numérique (The Shift Project, 2018). L’amélioration de l’efficacité énergétique de chaque data center et des serveurs, l’amélioration du taux d’utilisation des serveurs, l’amélioration de la linéarité de consommation des serveurs en fonction de la charge ou encore la concentration des serveurs dans des « hyper data centers » permettraient de baisser la consommation en énergie des data centers. Toutefois, ces progrès technologiques ne

permettent pas de réduire la consommation d'énergie des centres de données lorsque la croissance du trafic de données et l'augmentation du volume de données à stocker persistent. (The Shift Project, 2018). La baisse de la consommation en énergie des data centers ne peut se faire que par un plafonnement des flux de données et donc par une régulation des usages.

- Le flux de données augmentant de 25 % par an, les gains en efficacité énergétique des réseaux ne sont pas suffisants pour empêcher une augmentation de la consommation en énergie. (The Shift Project, 2018). La baisse de la consommation en énergie des réseaux ne peut se faire que par un plafonnement des flux de données et donc par une régulation des usages.
- L'augmentation du nombre de terminaux – 11% de croissance annuelle (Cisco, 2018) – entraîne une augmentation de la consommation en énergie malgré des gains en efficacité énergétique. La baisse de la consommation en énergie des terminaux ne peut se faire que par un plafonnement du taux d'équipement par personne et donc par une régulation des usages.
- Si nos technologies numériques permettent bien des améliorations potentiellement importantes de l'efficacité matière et énergétique des autres secteurs, la prise en compte des effets indirects (effets rebonds, développement de nouveaux usages énergivores, etc.) permet de constater l'incompatibilité des dynamiques actuelles avec les impératifs de résilience. C'est pour cela que leurs évolutions nécessitent d'être pilotées avec précision : pour devenir l'atout de résilience qu'elles peuvent être.

2- Piloter le développement d'un système d'usages sobres

- Un système d'usages sobre est un système d'usages adaptés aux besoins des utilisateurs et utilisatrices (individus et entreprises).
- Dans le but de limiter l'impact carbone de la production des appareils numériques, nous proposons d'augmenter la durée de vie de ces derniers. Pour ce faire, nous proposons d'encourager la réparation des appareils numériques par la création d'une filière de réparation, d'augmenter leur réparabilité par une grande modularité et d'encourager l'achat d'appareils reconditionnés.
- Allonger la durée de vie des ordinateurs professionnels de 3 à 5 ans, c'est économiser 37 % des émissions de GES annuelles du parc de terminaux (The Shift Project, 2018).
- Dans le futur numérique défendu dans le PTEF, nous proposons un plafonnement du taux d'équipement par personne. Par exemple en augmentant la part de smartphones double sim (pro et perso) de 20 à 70 %, nous baissons les émissions de GES annuelles de parc de terminaux de 37 % (The Shift Project, 2018).
- Dans le cadre du PTEF, nous proposons d'encadrer le développement de nouveaux usages. La création d'un nouvel usage peut faire l'objet d'une étude de pertinence environnementale et ne pourrait être autorisée que s'il répond à un besoin identifié de l'utilisateur ou de l'utilisatrice. L'idée derrière cette proposition est d'encadrer l'augmentation du flux de données et la constante apparition en masse de nouveaux usages intenses en données.
- La sobriété numérique proposée par le PTEF permet de construire collectivement le débat sur les usages prioritaires, en le cadrant le plus possible par ses aspects techniques, supposément consensuels. Ainsi sera-t-il indispensable d'impliquer l'intégralité des acteurs compétents sur la caractérisation et la compréhension des mécanismes de construction des usages (sociologues des usages, communautés de designers, plateformes de diffusion de contenus, communautés d'utilisateurs). Cela

permet d'identifier les usages à préserver en priorité en situation de contraintes fortes sur les infrastructures, et d'ainsi augmenter la résilience, face aux contraintes et aux crises, du système technique sous-tendant le système d'usages.

3-Piloter le déploiement d'infrastructures réseaux et construire des territoires « intelligents », résilients et justes

- La sobriété numérique proposée par le PTEF passe par l'exemplarité des services publics. Chaque achat d'appareil numérique ou recours à un service numérique doit être soumis à une étude de pertinence et d'impact environnemental prenant en compte tout le cycle de vie dudit produit numérique et doit répondre à un besoin explicite du service public qui en fait la demande.
- Nous proposons d'établir un lien fort entre la stratégie numérique d'un territoire et la stratégie environnementale de ce territoire : tout déploiement d'infrastructures doit être pensé pour être compatible avec la stratégie environnementale et doit prendre en compte l'impact carbone du cycle de vie de l'infrastructure déployée. Cette étude de pertinence environnementale doit aussi prendre en compte d'autres aspects sociétaux et tout déploiement d'infrastructure doit répondre à un besoin explicite du territoire et des acteurs qui l'occupent.

IV- Le système d'usages numériques après transformation

Description du système numérique (flux physiques, impacts) :

- Après transformation du système numérique, l'empreinte matérielle du numérique est stabilisée et sa consommation énergétique représente 3,2 % de la consommation mondiale avec un taux de croissance ne dépassant pas +1,5 %/an. (The Shift Project, 2018)
- Les émissions de gaz à effet de serre liées au secteur du numérique sont elles aussi stabilisées et représentent 4 % des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale ; la part des émissions dues au numérique augmentent chaque année avec un taux de croissance d'environ 1,2 % (The Shift Project, 2018).
- L'augmentation de flux de données est encadrée et compatible avec un scénario de sobriété numérique.
- Le taux d'équipement par personne est plafonné et n'augmente plus.

Description des modes de vie et des emplois du numérique :

- L'évolution vers un système d'usages sobre induira des changements marginaux mais potentiellement symboliques dans les modes de vie des utilisateurs et utilisatrices, en remettant en question nos récits de futurs technologiques et nos habitudes de consommation numériques (données, achat d'équipements, etc.).
- Le système numérique sobre que nous proposons modifiera certaines des dynamiques prédominantes dans les modèles économiques actuels, qui poussent le développement de nouveaux usages afin de produire, traiter et monétiser des flux de données importants, notamment via des revenus publicitaires. Par exemple, les expertises liées à l'exploitation de volumes de données très importants deviendront moins pertinentes et devront être réorientées à court terme au profit d'expertises non automatisées.
- À long terme, nos propositions remettront en question les créations d'emplois envisagées dans certaines projections technologiques et connectées de notre économie, que l'incompatibilité avec les impératifs de résilience et de sobriété numérique rend caduques.

Références

Cisco. (2018). *Cisco Visual Networking Index: forecast and trends, 2017-2022*.

Direction générale des entreprises. (2018). *Chiffres Clés du numérique*.

INSEE. (2016). *Les comptes de la nation*.

The Shift Project. (2018). *Lean ICT : Pour une sobriété numérique*.

The Shift Project. (2019). *Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne*.

The Shift Project. (2020). *Déployer la sobriété numérique*.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Enseignement supérieur & Recherche

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette *Vision globale* – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne](#).

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution](#).

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de l'Enseignement supérieur et la Recherche (ESR) dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

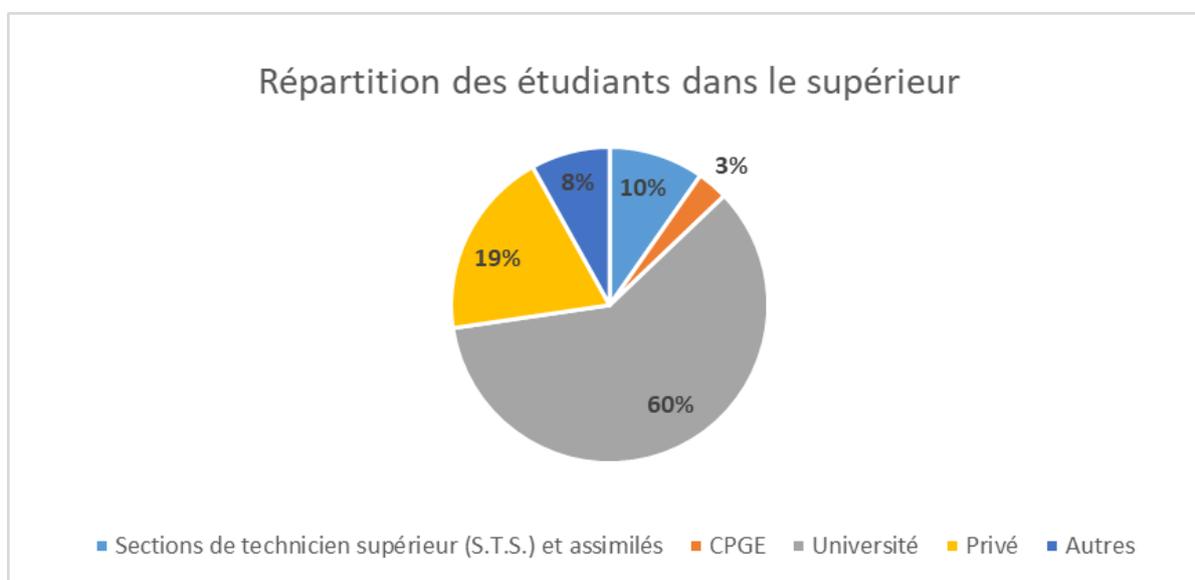
Le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche regroupe avant tout deux types d'activité : celles de recherche, et celles d'enseignement. Dans la partie enseignement, on retrouve à la fois la formation initiale et la formation continue, tout au long de la vie. Dans la partie recherche, on peut distinguer la recherche fondamentale, de base, et la recherche appliquée, finalisée.

Ce secteur alimente tous les autres, en ce qu'il produit la matière intellectuelle nécessaire au fonctionnement de ces secteurs (en termes de formation et de recherche). Il est aussi dépendant de tous les autres secteurs productifs situés en amont de par son fonctionnement, qui mobilise des flux physiques (bâtiments, transports, agriculture, industrie...).

Le secteur de l'ESR représente un patrimoine immobilier de 18 600 000 m², qui est le second poste budgétaire des établissements de l'ESR.

En 2017, on compte environ 130 000 personnels titulaires dans l'ESR, dont 56 000 universitaires (y compris CHU) et chercheurs et environ 68 000 personnels non titulaires, dont près de 16 000 doctorants¹. On compte également 2,7 millions d'étudiants (dont 438 000 en formation continue).

Le budget du MESRI pour 2020 est d'environ 25 milliards d'euros (Md€) soit près de 0,8 % du PIB².



Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

Le travail pour ce secteur est mené par une petite équipe, composée notamment de chercheurs membres par ailleurs du collectif Labos1.5. Il s'est basé sur la littérature existante, en particulier pour dresser la description physique des activités du secteur (littérature institutionnelle), ainsi que sur les travaux du *Shift Project* concernant l'enseignement. Les

¹ MESRI, Bilan social du MESRI 2017-2018

² MESRI, Projet de loi de finances 2020 de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2019

éléments concernant l'orientation de la recherche sont à produire à partir d'entretiens d'experts et de l'expérience des membres du groupe de travail.

L'équipe travaille également en collaboration avec les autres secteurs tertiaires du Plan, qui ont des problématiques approchantes, ainsi qu'avec les secteurs « amont » et « usages » mobilisés pour l'évolution des flux physiques.

Elle a également participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière, ainsi que de l'emploi, en partenariat avec les autres secteurs serviciels. Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées pour dresser l'état des lieux, et établir les grands axes de transformation de la mobilité quotidienne et la vision de cette mobilité à l'issue de la transformation de l'économie proposée par notre PTEF. Ce travail a été réalisé par une petite équipe dédiée, qui s'est appuyée sur la littérature et les données disponibles dans le domaine, notamment les travaux qui ont été établis par le *Shift Project* ces quatre dernières années.

II- Notre point de départ

Difficulté à faire le bilan du point de départ (organisation physique, flux physiques, impacts) par manque de données :

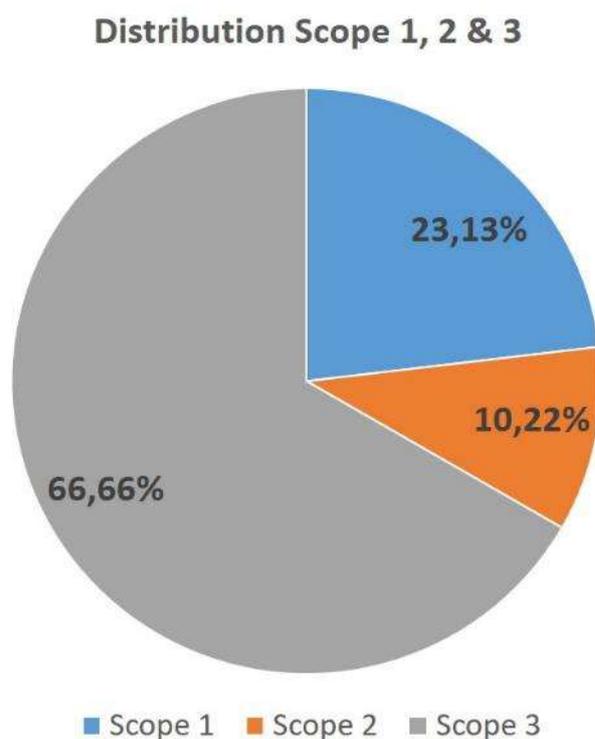
Des données existent pour caractériser les flux physiques qui composent le secteur de l'ESR, mais ne sont pas suffisamment exhaustives pour permettre une analyse adéquate du secteur. En effet, les établissements ne sont pas tenus aujourd'hui de réaliser leur bilan carbone, même si c'est fortement encouragé. Il en existe tout de même davantage que pour certains autres secteurs tertiaires.

On manque également de données concernant l'allocation des 18 600 000 de m² du secteur (part du bâtiment, du stationnement, des espaces verts...). Nous n'avons pas non plus été en mesure de trouver de chiffres concernant la quantité de déchets produits, et leurs émissions...

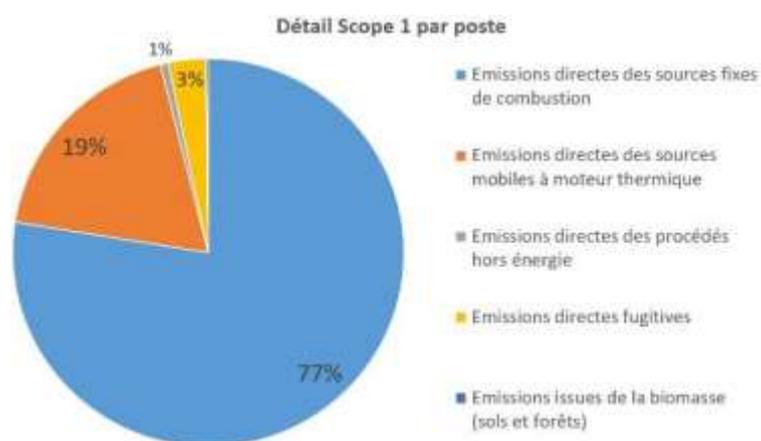
Description du secteur actuellement (organisation physique, flux physiques, impacts) :

Une analyse croisée des bilans carbone d'une cinquantaine d'établissements du supérieur (ceux disponibles sur la base Ademe ayant évalué leurs scope 1, 2 et 3) permet de faire ressortir (de manière ici très approximative) les principaux postes d'émissions de ces établissements.

Précaution de lecture : dans ces graphiques, les activités d'enseignement et de recherche sont confondues dans ces chiffres. L'équipe en charge de ce secteur est actuellement en train de rassembler des bilans carbone de laboratoires de recherche afin d'en faire une analyse croisée et permettre, le cas échéant, de mettre en évidence les différences entre ces deux activités. D'autre part, les universités et les écoles d'ingénieurs sont surreprésentées, alors que l'échantillon ne comprend qu'une seule école de commerce, peu d'IUT etc. : un échantillon à la représentativité donc limitée.

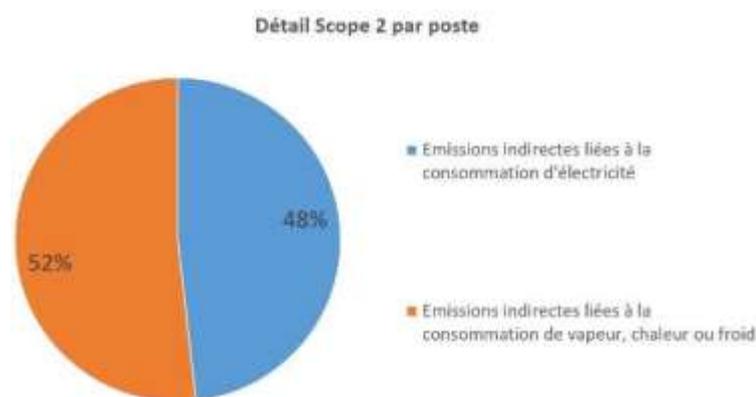


Dans le Scope 3, qui représente dans ces chiffres les deux tiers des émissions de l'ESR, ce sont les déplacements domicile-travail qui dominent (48 %), suivis par les achats de produits et de services (15% : alimentation des cantines, consommables, etc.), puis les immobilisations de biens (12 % : construction des bâtiments, fabrication du matériel informatique et des équipements lourds etc.), et enfin les déplacements professionnels (11 % : notamment les déplacements en avion).



Dans le Scope 1 (23,3 % du total), on retrouve principalement le chauffage des bâtiments (77%), notamment au fioul et au gaz, et du parc de véhicules (19 %).

Dans le Scope 2 (10,22 % du total), on retrouve à peu près à égalité la consommation électrique (48 %) due au chauffage, à l'eau chaude et aux équipements divers (climatisation, éclairage, équipements informatiques classiques, équipements spécifiques de recherche, etc.), et les autres émissions indirectes (52 % : liées elles aussi en grande partie aux réseaux de climatisation et de chauffage urbain).



Cependant, la méthode du bilan carbone telle qu'utilisée ne permet pas de donner des informations avec un degré de granularité suffisant pour une interprétation éclairée. Par exemple, on ne peut pas en déduire la part des déplacements des étudiants à l'étranger, ni la part du matériel informatique, ou de son utilisation.

Plus généralement, il semble que sur la base Ademe, les Universités sont considérées comme des entreprises, indiquant dans leurs bilans les seuls effectifs des personnels, et donc peut-être pas les étudiants.

L'équipe du secteur ESR du PTEF doit encore creuser l'analyse de ces données, afin de trouver toutes les informations que l'on peut en déduire. Elle tâchera aussi de récupérer des données "brutes" d'établissements (sous un format plus détaillé), afin d'avoir plus de granularité dans les postes d'émissions.

Si les bilans carbone sont de plus en plus connus dans l'ESR, les initiatives visant à évaluer l'empreinte environnementale des établissements sont, elles, quasi-inexistants. Il serait intéressant de voir comment elles pourraient être généralisées.

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

Les enjeux physiques du secteur sont les mêmes que pour les autres secteurs tertiaires, et rejoignent les problématiques posées pour les secteurs amont : problématiques liées à la mobilité quotidienne et longue distance, au bâtiment tertiaire...

L'enjeu pour le secteur est donc de parvenir à maintenir son activité, essentielle, tout en faisant évoluer ses pratiques, notamment en tenant compte des orientations stratégiques fixées dans le cadre des secteurs « amont » et « usages » concernés (mobilité, numérique, alimentation, bâtiment, industrie, énergie, etc.) :

- continuer à aller au travail ou aux études mais en parcourant moins de kilomètres (relocalisation des activités proche de l'habitat, télétravail, cours à distance...), report modal sur les modes actifs et partagés, amélioration des véhicules utilisés ;
- continuer la diffusion des fruits de la recherche mais par exemple en remplaçant certains usages physiques par une version virtuelle (quand le bilan est positif) ou locale ;
- maintenir l'ouverture à l'international pour les étudiants mais en privilégiant massivement les voyages en train et des destinations correspondantes ;
- maintenir la recherche mais en réduisant certaines pratiques (événements), en adoptant des politiques d'achat responsables, en prolongeant la durée de vie des équipements, en mutualisant certains équipements entre laboratoires ou établissements.

Certains enjeux ne sont pas encore bien évalués : impact de l'alimentation du secteur, déchets... De même, il est compliqué d'évaluer quelle proportion des GES de chaque poste sont aujourd'hui émis par le personnel de recherche ou les étudiants, ce qui empêche d'identifier les mesures à privilégier pour en réduire l'impact.

Ces enjeux physiques ne constituent pas en eux-mêmes le challenge pour l'enseignement supérieur et la recherche. Cependant, ces changements de pratiques vont requérir pour le secteur de revoir en profondeur ses mécanismes de fonctionnement interne (valorisation des carrières, évaluation des parcours...). Par exemple, la mobilité internationale lointaine est aujourd'hui fortement valorisée dans les parcours de recherche et d'enseignement. Changer cette culture ne sera pas évidente pour le secteur, et implique de repenser un grand nombre de principes à l'œuvre aujourd'hui.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Le secteur ESR doit évoluer sur trois grands axes de transformation : mettre la recherche en adéquation avec les enjeux de résilience et de sobriété ; former les futurs actifs et actifs en poste aux enjeux liés aux limites physiques de notre planète ; décarboner et améliorer la résilience de son infrastructure, de ses équipements, de ses approvisionnements et de ses usages.

De manière générale, l'action sur ces trois axes dépend fortement des parties prenantes du secteur de l'ESR (directions, présidences d'établissement, enseignants, enseignants-chercheurs, personnels, étudiants...), tout en étant conditionnée par les moyens mis à disposition par l'État, puisqu'une large part de ce secteur relève du public. Ainsi, il importe que ces orientations soient partagées et soutenues par les différents échelons de décisions. D'autre part, il importe de définir des modalités de suivi de la transformation du secteur, afin de s'assurer que les différents axes sont effectivement mis en œuvre.

1- Mettre la recherche en adéquation avec les enjeux de résilience et de sobriété

Cet axe de transformation implique de réorienter la recherche finalisée là où elle va à contresens des objectifs environnementaux, et de favoriser et développer la recherche en faveur d'une société plus résiliente et plus sobre.

- La recherche publique, et surtout ses établissements et laboratoires pour lesquels la recherche finalisée constituent une mission majeure (CEA, INRAe, Inserm, Ifremer...) seront mobilisés pour contribuer aux développements technologiques et aux transformations sociétales – y compris de comportements individuels et collectifs de consommation – indispensables à la décarbonation.
 - Les objectifs de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) par secteur seront utilisés pour définir ces développements et transformations, en lien avec les objectifs d'emploi, de relocalisation des productions, d'économie circulaire, et de développement des circuits courts.
 - Parmi les enjeux majeurs, citons la décarbonation des transports, l'isolation thermique des bâtiments, l'agriculture et l'alimentation, l'efficacité et la sobriété énergétique, les systèmes électriques, la chimie des matériaux, la capacité de fixation de l'azote des plantes, etc. Les verrous technologiques seront identifiés et des efforts importants y seront affectés, en lien avec les politiques industrielles et agricoles.
 - Les savoirs et recherches des sciences humaines et sociales (SHS) seront mobilisés pour organiser la transformation du cadre organisationnel de la société et la promotion de valeurs de vies individuelles et collectives compatibles avec la décarbonation.
- De manière générale, les projets dont les pratiques prennent en compte les enjeux de résilience et de sobriété doivent être favorisés.
- La compréhension des enjeux de sobriété et de résilience nécessitant une approche transdisciplinaire, cette dernière sera promue dans l'enseignement supérieur et la recherche.
- La science des systèmes et la diversification des liens sciences-sociétés seront également des outils puissants de ces nouveaux développements.
- Orienter la recherche de base n'est pas une voie efficace : à ce stade de la recherche, il n'est pas possible de prévoir sur quels résultats elle peut déboucher, comme le montre l'histoire des sciences et des technologies.
 - Il paraît plus judicieux d'accorder davantage de confiance aux chercheurs pour explorer des trajectoires de recherche qu'ils jugent prometteuses en leur donnant une autonomie de fonctionnement.
 - Cependant, cette responsabilité suppose une meilleure conscience des enjeux de résilience et de sobriété. Il importe donc en parallèle de développer et diffuser une éthique environnementale afin que les chercheurs puissent développer cette réflexion en lien avec leur recherche, et de les former à ces enjeux.
- Cette prise de responsabilité conduit à questionner les modalités d'évaluation de la recherche afin de favoriser la coopération et la qualité plutôt que la compétition et la quantité.

2- Former les futurs actifs et actifs en poste aux enjeux liés aux limites physiques de notre planète

Afin que la transformation de notre modèle économique et de société soit un projet partagé, il est nécessaire de former tous les étudiants et citoyens à la compréhension des enjeux liés aux limites physiques de la planète, et à leur prise en compte dans leur vie professionnelle et citoyenne. L'ESR a un rôle crucial à jouer sur ce plan, car c'est le moment où l'individu est le plus à même d'assimiler les informations complexes qu'il aura à mettre en œuvre dans sa vie professionnelle et de citoyen. C'est le moment où il faut mettre ces enjeux en lien avec les choix de parcours professionnel de l'individu. Il faut en effet enseigner à chaque étudiant et actif déjà en poste le rôle qu'il a ou aura à tenir dans son métier pour mettre en œuvre la nécessaire transformation de ce modèle. Cela implique donc d'introduire ces enjeux dans l'ensemble des formations initiales, mais également de proposer des formations professionnalisantes et continues liées aux nouveaux métiers indispensables à la transition.

Cet objectif ambitieux implique de repenser le rôle de l'enseignement supérieur. En effet, aujourd'hui, de nombreux établissements (particulièrement les Grandes Écoles) considèrent l'employabilité de leurs étudiants comme un objectif prioritaire. Ainsi, le contenu des enseignements est souvent lié aux besoins que les entreprises identifient pour elles-mêmes. Or les enjeux climatiques et de résilience ne sont identifiés par les entreprises comme une problématique RH que très marginalement, et d'autant moins que les conséquences des transformations économiques et sociétales qui y sont liés à l'horizon 2050 ne sont envisagées que par très peu d'entre elles. C'est pourquoi la double mission formatrice de l'Enseignement supérieur – former des professionnels et des citoyens – doit intégrer les impératifs et les perspectives de la transition dans son offre de formation. Il doit anticiper lui-même les évolutions d'emplois et de qualifications liées à cette transition afin d'y adapter son offre, sans attendre qu'une « demande » s'exprime.

Cette transformation implique de donner un signal politique fort sur le rôle clef que doit tenir ce secteur dans la transformation de l'économie, et ensuite d'enclencher la mise en cohérence du fonctionnement du secteur : former les directions d'établissement, les enseignants ; faire évoluer le cadre normatif des formations afin qu'il intègre cet impératif de formation ; développer l'interdisciplinarité des enseignements, etc.

3- Décarboner et améliorer la résilience de son infrastructure, de ses équipements, de ses approvisionnements et de ses usages

Ce secteur a également un impact physique qui, s'il manque aujourd'hui d'analyse, reste conséquent, et doit être amélioré. Pour cela, il importe d'abord de se doter d'outils afin de rendre compte des impacts environnementaux des campus, et du secteur dans son ensemble. Cela permettra d'identifier les actions à mener en priorité, en particulier la rénovation du patrimoine immobilier des sites d'ESR.

Les postes d'émissions importants qui se dégagent sont également la mobilité quotidienne et longue distance des occupants de ces sites. Ainsi, s'il est aujourd'hui difficile de dire si cet impact est dû surtout aux étudiants ou aux enseignants, il semble pertinent de chercher à agir sur toutes les pratiques concernées, par prudence. De même, il semble également important de décarboner les achats, services et immobilisations des sites d'ESR, par l'élaboration de politiques d'achat plus responsables.

Ces aspects amènent à remettre en question les pratiques de recherche et d'enseignement (événements, déplacements, équipements...).

Un aspect très peu documenté concerne la tendance observée aux fusions, expansions, et déménagements d'établissements, dont l'impact en termes d'artificialisation des sols, de bâtiments et de mobilité est potentiellement important.

Il existe également peu de données concernant l'alimentation et les déchets des sites d'ESR, qui mériteraient d'être investigués davantage.

Plus globalement, ces aspects « physiques » rejoignent les orientations définies par les secteurs « amont » et « usages » (bâtiment, mobilité, numérique...). Il y a donc peu d'orientations à définir dans le cadre de ce secteur, mais il importe de reprendre les trajectoires de ces secteurs, et que l'ESR joue son rôle de secteur « aval ». Cependant, l'efficacité de l'action sur cet axe dépendra de la capacité à identifier les chantiers prioritaires à mener. Il y a donc un enjeu fort d'améliorer la documentation, l'analyse des enjeux physiques du secteur.

IV- L'Enseignement supérieur et la Recherche après transformation

Description physique de l'ESR après transformation :

Durant la transformation et son pic, l'ESR devra assurer une activité plus forte, qui pourra se maintenir après la transformation. Mais après transformation, le secteur de l'ESR sera dans la nature de ses activités assez semblable à ce qu'il est aujourd'hui : des activités de recherche et d'enseignement, en proportion sans doute similaire, voire supérieure, par rapport à la population³.

Cependant, ces activités auront évolué qualitativement : la recherche finalisée sera mobilisée pour contribuer plus systématiquement aux objectifs nationaux de résilience et de sobriété, et la valorisation de la recherche sera davantage contrôlée pour éviter des effets délétères. De même, les formations intégreront ces enjeux de manière transversale, afin d'orienter les actifs dans la mise en œuvre de ces mêmes objectifs. La recherche sera plus transdisciplinaire, avec un lien plus fort avec la société et les territoires.

Les pratiques de ces activités auront évolué : on se déplacera moins, tant dans la courte que la longue distance. Les chercheurs mobiliseront davantage les outils de télécommunications pour leurs interactions collectives, réduisant ainsi leurs déplacements. Les enseignants habitant loin de l'établissement d'intervention concentreront leurs cours pour limiter le nombre de déplacements, ou en feront certains par visio-conférence. Les chercheurs et personnels partageront davantage leurs équipements, dont le renouvellement sera beaucoup moins fréquent, sauf pour le remplacement par des équipements à l'efficacité énergétique significativement supérieure. La qualité des équipements et infrastructures sera améliorée : lesdits équipements seront plus robustes, plus facilement réparables, et donc vraisemblablement plus chers. Les bâtiments seront mieux isolés, et donc seront à la fois plus confortables et consommeront moins d'énergie pour le chauffage et la climatisation ; les systèmes de chauffage, de climatisation et d'eau chaude sanitaire seront plus efficaces et décarbonés. Les véhicules mobilisés seront moins nombreux, plus sobres, décarbonés et partagés. Ces éléments découlent des orientations prises par les autres secteurs, et des interactions de l'ESR avec ceux-ci – notamment des politiques d'achats qui auront évolué.

³ Il est possible que la transformation de l'économie ait des effets de report d'emploi depuis le secteur tertiaire vers les secteurs primaires et secondaires, qui pourrait avoir un impact sur sur l'offre de formation.

Les impacts énergie/climat du secteur après transformation :

Globalement, le secteur consommera beaucoup moins d'énergie et sera responsable de beaucoup moins d'émissions de gaz à effet de serre, pour des raisons propres à ce secteur et d'autres due à l'évolution des secteurs environnants (bâtiments, mobilité-transport, alimentation, etc.).

Description des usages et de l'emploi dans l'ESR après transformation :

La transformation physique du secteur sera similaire à celle de l'économie et de la société dans son ensemble, et ne bouleversera pas davantage les usagers de l'ESR que le reste de la société : ils seront plus sobres dans les déplacements liés à ces activités (certaines pratiques disparaîtront, d'autres seront remplacées par une version numérique), les achats seront questionnés, les bâtiments mieux isolés et chauffés de manière plus raisonnable et avec des systèmes de chauffage décarbonés.

En faisant abstraction de la variation « naturelle » (hors transformation) de la population d'étudiants, les emplois évolueront raisonnablement à la hausse d'un point de vue quantitatif, surtout en raison du besoin de formation continue accru et du besoin de formation des formateurs. La hausse se fera particulièrement au début et durant la transformation. Elle pourrait être suivie d'une stabilisation à un niveau inférieur à celui du « pic de transformation », tout comme elle pourrait se maintenir à un niveau élevé en raison d'une augmentation du temps libre, qui pourrait être utilisé pour se former, ou d'une appétence accrue pour la connaissance : il nous semble difficile de savoir combien il y aura d'étudiants en 2050 et après dans l'ESR.

L'emploi évoluera en revanche fortement qualitativement : les chercheurs et enseignants verront leur travail intégrer les enjeux de résilience et de sobriété de la société. Les étudiants, de la même manière, se verront comme partie prenante de ce projet de société, qui peut être un puissant moteur d'appétence pour les études. Par ailleurs, cette perspective s'inscrira dans le rôle de chacun bien davantage que dans la perspective de valorisation purement économique qui prédomine actuellement (renversement de l'évaluation de la valeur de la production intellectuelle). Le secteur sera également habitué à maîtriser son impact environnemental, et les personnels de son administration seront formés dans cette perspective.

Résilience du secteur après transformation :

Ces évolutions permettront au secteur (et à toute la société) d'être plus résilient aux chocs et contraintes qui pourraient se faire jour.

1. Une moindre dépendance à la mobilité permettra de maintenir les activités en cas de choc d'approvisionnement énergétique, ou sanitaire.
2. Une meilleure isolation du bâtiment permettra également d'être moins vulnérable en cas de tensions sur l'approvisionnement en ressources nécessaires pour le chauffage.
3. Les travaux de recherche permettront encore davantage de contribuer à cette résilience par une meilleure compréhension des risques, et l'identification de solutions à y apporter, tant d'ordre technologique que dans les modes d'organisation sociale, tout en ayant évité d'accroître les vulnérabilités liées à la diffusion d'innovations aux conséquences délétères.
4. La formation de toute la population à ces enjeux permettra au secteur comme à la société dans son ensemble de rapidement s'adapter en cas de choc ou tension sur des sujets stratégiques, en les ayant anticipés et ayant prévu des palliatifs, ainsi qu'en favorisant une culture scientifique et un recul critique dans la population.

V- Le potentiel de décarbonation par la technologie **et/ou l'évolution des comportements et de l'organisation**

Les secteurs dont dépend l'ESR, et qui sont mobilisés par son fonctionnement :

- **Mobilité et transport** : pour les déplacements domicile-travail/études, déplacements professionnels et échanges internationaux des étudiants (et voyages d'études), déplacement des visiteurs.
- **Bâtiment tertiaire et logement** : pour le patrimoine immobilier public et privé qui accueille les établissements, et éventuellement les logements étudiants.
- **Alimentation et agriculture** : pour les repas pris par les personnels et étudiants, et éventuellement ceux des événements
- **Industrie manufacturière, automobile et numérique** : pour les achats d'équipements (mobilier, informatique, véhicules)
- **Numérique** : pour les services administratifs du secteur, les activités de recherche (usage support quotidien et événementiel, recherche mobilisant des ordinateurs à haute puissance de calcul)

Les leviers technologiques, et les leviers « comportement/organisation » proposés par ces secteurs :

- Action sur le bâtiment :
 - sobriété : mutualisation des bâtiments existants, moins de construction
 - techno : isolation du bâtiment, mise en place de systèmes de chauffage et de climatisation efficaces et bas carbone ; passage à des matériaux moins carbonés voire constituant des puits de carbone
 - organisation/comportement : réduction de l'utilisation du chauffage et climatisation mieux régulés
 - organisation/techno : consommation d'énergie programmée numériquement (baisse chauffage en période de vacances...)
- Action sur la mobilité :
 - sobriété : réduction des déplacements mobilité quotidienne et longue distance
 - sobriété : s'inscrire dans un urbanisme des courtes distances, c.a.d que les activités de l'ESR doivent rester autant que possible dans la ville, et facilement accessibles par ses usagers
 - organisation/comportement : opérer le report modal depuis les modes de déplacements fortement émetteurs vers des modes plus sobres (actifs d'abord, collectifs, partagés et optimisés ensuite)
 - techno : améliorer le profil environnemental des véhicules, en passant à des flottes de voitures (entre autres) plus sobres (plus légères et moins puissantes et équipées), et à vecteur énergétique bas carbone
- Action sur l'alimentation :

- organisation : assurer de dimensionner l'approvisionnement au plus près de la consommation effective, pour limiter la consommation au nécessaire et donc le gaspillage
- organisation : limiter la consommation de protéines carnées, particulièrement la viande rouge
- organisation : s'approvisionner exclusivement en produits locaux et de saison, en interdisant certaines catégories de produits, comme ceux cultivés en serres chauffées
- organisation : passer progressivement à des produits issus de l'agriculture raisonnée et/ou biologique
- organisation : prévoir la réutilisation des produits non-consommés, et en dernier recours le compostage ou la méthanisation pour les déchets alimentaires résiduels.
- Action sur la consommation de biens (à travers la commande publique et les politiques d'achats) :
 - organisation : favoriser le réemploi autant que possible du mobilier et équipements informatiques, et mettre fin aux politiques de renouvellement automatique des équipements
 - organisation : si achat de produits neufs, privilégier les produits durables, robustes, en matériaux recyclés ou biosourcés
 - organisation : assurer la maintenance et l'entretien des mobiliers et équipement pour augmenter sa durée de vie
 - organisation : assurer la réutilisation des biens et équipements en fin de vie, ou leur prise en charge par un organisme agréé.
- Action sur les usages numériques :
 - organisation/techno : développement du télétravail pour les personnels administratifs, du télétravail/visioconférences pour la recherche, et de l'enseignement à distance pour les enseignants.
 - organisation/techno : utiliser le numérique pour optimiser l'utilisation des bâtiments et équipements tout en évitant ses effets potentiellement délétères.

Les leviers technologiques, et les leviers « comportement/organisation » spécifiques au secteur de l'ESR :

Aucun levier technologique ni concernant les « comportement/organisation » spécifique ne paraît pertinent pour ce secteur. Tous les leviers pertinents concernant les flux physiques ont été évoqués dans ceux liés aux autres secteurs.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Défence et Sécurité intérieure

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- La Défense et la Sécurité intérieure dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

Périmètre du secteur :

- La Défense correspond au Ministère des Armées ;
- La Sécurité intérieure est assurée par les Douanes, la Police nationale et la Gendarmerie. À ces trois corps, il convient d'ajouter la police municipale, les gardes champêtres, l'administration pénitentiaire, les sapeurs-pompiers. Ainsi la Sécurité Intérieure correspond pour partie au Ministère de l'Intérieur ;
- À ces deux grandes composantes nous avons ajouté la BITD (base industrielle technologique de défense). Cette fraction du tissu industriel français a des caractéristiques propres pouvant évoluer en concordance avec ses clients issus du secteur en question.

Interactions avec les secteurs :

- Pour la définition et le chiffrage des objectifs, il conviendra d'échanger davantage avec les secteurs mobilité, bâtiment, forêts (patrimoine foncier) et agriculture & alimentation ;
- Pour éviter le double comptage, il conviendra de travailler davantage avec l'industrie (BITD) et le secteur de l'administration publique.

Organisation pour le PTEF de ce secteur. interactions avec les autres équipes :

Le travail sur le secteur Défense et Sécurité est piloté par une petite équipe dédiée, composée de professionnels du secteur, et qui s'est partagée le travail entre la coordination et la partie Défense, la Sécurité Intérieure, et la BITD. Les interactions susmentionnées n'ont été que partiellement traitées avec les autres équipes.

Généralités sur la Défense et la Sécurité intérieure dans le PTEF :

La Défense et la Sécurité sont, à l'instar de toutes les organisations s'appuyant sur des flux matériels, informationnels et de personnes, dépendantes de ressources énergétiques et matérielles.

La défense des citoyens français dépend en grande partie des ressources énergétiques fossiles. La sécurité consistant à faire face à l'adversité, en tout lieu et tout temps, elle a **besoin d'une grande puissance mécanique**, capacité rendue possible par le rendement énergétique du **pétrole**. 70 % de l'énergie utilisée par les armées est d'ailleurs issue de produits pétroliers et ce taux avoisine les 100 % dans le cadre des opérations extérieures. Ce secteur participe de fait aux émissions de gaz à effet de serre et au réchauffement climatique. De plus, sa forte **dépendance** aux flux d'énergies fossiles questionne la **résilience** de l'appareil de sécurité à d'éventuels chocs pétroliers ou ruptures d'approvisionnement.

Ces enjeux doivent être au cœur de la pensée stratégique et des préoccupations des ministères du secteur, notamment dans le cadre du Livre Blanc sur la Défense et la Sécurité Nationale.

Ce travail a pour objectif de **faire émerger des leviers accessibles et réalistes** permettant de **limiter l'impact** climatique du secteur, de **favoriser la transition énergétique** de l'État et de **renforcer la résilience** face au risque énergie-climat. La Défense et la Sécurité doivent être les acteurs exemplaires d'un plan de transition de la société et offrir des contreparties aux

investissements consentis par la France ; 11,1 milliards de dépenses d'investissement ont été accordés à la Défense en 2019. Le domaine a un rôle social à jouer et doit saisir cette opportunité pour se transformer en profondeur et s'imposer la sobriété carbone.

II- Notre point de départ

Difficulté à faire le bilan du point de départ (organisation physique, flux physiques, impacts) par manque de données :

Il n'existe pas de document (rapport d'information de l'Assemblée nationale, Sénat ou Cours des Comptes) qui présente une vision d'ensemble des flux physiques et impacts carbone du secteur. L'État français doit demander à ses administrations de chiffrer l'impact carbone de chacune de ces composantes (bilan carbone).

Les déplacements professionnels sont par ailleurs difficilement chiffrable.

Description du secteur actuellement (organisation physique, flux physiques, impacts) :

Les emplois représentent environ 560 000 agents répartis comme suit :

- Armées : 270 000 ;
- Sécurité civile : 40 000 (+200 000 volontaires) ;
- Police nationale : 150 000 ;
- Gendarmerie : 100 000.

Déplacements :

- Déplacements domicile-travail (sans télétravail), émission actuelle : 415 000 téqCO₂/an ;
- Déplacements professionnels courts ou longs : difficilement chiffrable ;
- Utilisation des véhicules de services hors militaires :
 - Police nationale : consommation de 56 M€ de carburant en 2019 avec 30 000 véhicules majoritairement légers
 - Gendarmerie : 30 000 véhicules majoritairement légers
 - Sécurité civile : 15 000 poids lourds et 30 000 véhicules légers

Soit une consommation de 336 M de litres de carburant par an hors militaires, soit 840 000 téqCO₂/an.

Bâtiments et foncier :

- Armées :
 - Locaux administratifs, de commandement et de vie : 17 000 hectares
 - Logements : 1000 hectares dont 670 000 mètres carrés émettant en moyenne 52,30 kgéqCO₂/m² par an, soit 3,5 MtéqCO₂/an
 - Bâtiments de défense et infrastructure industrielle ou logistique : 45 000 hectares

- Terrains non bâtis (zones de servitude, terrains d'entraînement, champs de tir, bases aériennes, dépôts de munitions) : 180 000 hectares

- Police : 3M m² (peu de logements)
- Gendarmerie : plus de 11M m² (majorité de logements)
- Sécurité civile : estimation 4,5M m²

Restauration collective :

- Nombre de repas servis par an le midi : 560 000 x 200 = 112 millions de repas par an sans permanence le matin, soir, weekend et jours fériés.
- Avec les permanences, on peut estimer une prise de près de 200 millions de repas par an soit 500 000 téqCO₂/an.

Réseaux d'eau, traitement des eaux usées et gestion des déchets :

- Non chiffré à ce stade

Grands enjeux physiques, de résilience, d'accompagnement de la transformation, et environnementaux :

Les enjeux physiques du secteur rejoignent les problématiques posées pour les secteurs amont : mobilité professionnelle, performance énergétique des infrastructures, alimentation, sobriété des usages, etc.

L'enjeu pour le secteur est donc de parvenir à maintenir son activité, essentielle, en tenant compte des orientations stratégiques du Plan dans ces secteurs.

Malgré l'initiation d'une réflexion sur les enjeux énergétiques et climatiques, le secteur Défense et Sécurité intérieure doit encore s'adapter et proposer de nouvelles normes. Dans un monde incertain où les équilibres géopolitiques sont devenus précaires et le changement climatique un catalyseur des conflits futurs, le secteur s'expose à des risques qui, s'ils ne sont pas anticipés, le rendront vulnérable.

Pourtant, la Défense et la Sécurité sont fondamentales, notamment pour la gestion des crises. Elles doivent donc s'organiser et se préparer.

III- Le chemin proposé par le PTEF

La taille du patrimoine immobilier ainsi que le nombre des agents de la Défense et de la Sécurité lui confèrent un potentiel certain de réduction des émissions, tout comme une responsabilité à tendre vers plus de résilience.

Décarboner par la rénovation et les changements et la réduction des usages (sobriété) :

- Bâtiments rénovés et sobres
- Diminuer la masse des véhicules non spécialisés, électrifier une partie du parc
- Diminution et verdissement des déplacements, accroissement du numérique
- Restauration collective bas-carbone (non carnée, locale)

Imposer le **chiffrage** des émissions et impacts du secteur.

Proposer que la Défense détienne une **capacité à s'informer de manière autonome** sur l'état des ressources énergétiques fossiles et minières mondiales (sécurité stratégique).

IV- Le secteur Défense et Sécurité Intérieur après transformation

Description physique du secteur après transformation :

Emploi :

- Nous n'avons pas fait de proposition pour l'instant, le sujet étant éminemment politique.
- Nous pouvons néanmoins considérer que qualitativement, certains métiers relatifs à la logistique, à l'alimentation, à l'administration, à la maintenance des bâtiments etc. évolueront afin d'assurer le fonctionnement bas carbone d'un certain nombre d'aspects du secteur.
- Une culture de résilience, fondée sur la sobriété et la communauté, se sera développée grâce aux valeurs d'effort, de service et de sacrifice caractéristiques du milieu.

Déplacements professionnels :

- Déplacements domicile-travail (sans télétravail) : dans le PTEF, 25 500 téqCO₂/an soit une diminution 350 000 téqCO₂/an ;
- Déplacements domicile-travail (avec télétravail pour 2 % des agents, majoritairement les cadres, la moitié du temps) : dans le PTEF, diminution de 255 téqCO₂/an.

Bâtiments et foncier :

- Les terrains non bâtis (180 000 hectares – 1800 kilomètres carrés) seront valorisés différemment, notamment en désartificialisant les sols.
- Risque vente au domaine foncier du secteur : la volonté de cession des terrains à des promoteurs immobiliers pour équilibrer les budgets des administrations doit prendre en compte le risque d'artificialisation des sols telle que la construction de nouveaux bâtiments, zones commerciales, entrepôts, etc. ; la politique foncière devra évoluer en conséquence, dans le sens de l'objectif zéro artificialisation brute (cf. fiche Villes et Territoires).
- Passer d'un indice moyen d'émission de GES de 52 à 10 kgéqCO₂/m²/an permettrait de diminuer les émissions de près de 2,8 MtéqCO₂/an pour le seul parc de logement militaire ; le faire également pour le parc immobilier de la police, de la gendarmerie et de la sécurité civile apporterait également un gain important. Il s'agit de rénover les logements de l'indice E à B.

Restauration collective :

- En suivant les propositions du PTEF il serait possible de diminuer la consommation du secteur **d'environ 360 téqCO₂/an**.

Réseaux d'eau, traitement des eaux usées et gestion des déchets :

- À ce jour nous n'avons pas chiffré l'avantage éventuel de mettre en place une valorisation biogaz dans les établissements du secteur. Nous devons notamment évaluer la taille critique (en nombre de personnel sur l'emprunte) pour valoriser les déchets alimentaire/organiques.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Santé

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le système de Santé dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

Le secteur de la santé comprend l'ensemble des activités et des professionnels participant à la chaîne de soins. On peut le décomposer entre un secteur sanitaire et un secteur médico-social :

- **Le secteur sanitaire** comprend le personnel « soignant », incluant médecins, infirmiers, sages-femmes, aides-soignant.e.s, radiothérapeutes ainsi que le personnel « non soignant » : pharmaciens, biologistes, imageurs, gestionnaires, hôteliers, logistique, etc.
- **Le secteur médico-social** représente l'ensemble des activités et des professionnels intervenant dans la prise en charge de populations caractérisées par leur incapacité, leur handicap ou leur désavantage : personnes âgées, personnes handicapées, petite enfance, etc.
- **Il exclut le secteur social** prenant en charge les personnes dont les difficultés sont « purement » sociales ou socio-économiques (migrants, exclus, chômeurs, travailleurs précaires, etc.).

Le secteur de la santé se compose :

- De **structures de ville**, dites ambulatoires : les professionnels libéraux et salariés y exercent à titre individuel en cabinet, ou en groupe de manière coordonnée en maison ou centre de santé.
- D'**établissements hospitaliers** publics ou privés.
- D'**établissements médico-sociaux** regroupant entre autres les établissements d'hébergement pour personnes âgées et dépendantes (EHPAD) et les structures pour personnes handicapées.

Le secteur de la santé s'appuie également sur une chaîne d'approvisionnement conséquente : industrie pharmaceutique, biomédicale, biotechnologique pour fournir médicaments et matériel médical, fournisseurs de services hôteliers spécialisés pour prendre en charge les séjours en établissement de soin, sociétés de transports de patients, assureurs, etc.

Le secteur de la santé ne peut donc pas être pensé isolément et dépend d'autres secteurs :

- **L'industrie du bâtiment** pour construire, entretenir et rénover les établissements de santé, établissements médico-sociaux, maisons de santé et cabinets.
- **L'industrie pharmaceutique**, biomédicale et biotechnologique.
- **Le secteur de la mobilité quotidienne** qui supporte les déplacements des patients et des professionnels du secteur, et qui influe sur l'état de santé globale de la population par l'activité physique quotidienne.
- **Le secteur de l'agriculture** qui à la fois supporte la restauration collective dans les établissements de santé et qui influe sur l'état de santé globale de la population par l'alimentation quotidienne.
- **Le secteur du numérique** qui supporte l'ensemble des transformations digitales du secteur de la santé, tant sur le plan médical (matériel médical technologique, suivi de patient, télémédecine) qu'administratif.

- **Le secteur de l'urbanisme** qui détermine le rapport des établissements de santé à leur territoire.

Le **système de santé français est amené à se transformer et à se développer** encore davantage : le vieillissement de la population et l'augmentation de la prévalence des polyopathologies et des maladies chroniques devraient entraîner une **augmentation de la demande** de services de santé.

La demande de services de soin est en outre fortement **corrélée aux modes de vie adoptés par la population**, notamment en termes de déplacements (travail, visite de proches, loisirs), d'alimentation et de prévention médicale (dépistage, vaccination).

Organisation interne de ce secteur et interactions avec les autres équipes :

Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées sur la base d'études bibliographiques et de bases de données publiques pour établir les grands axes de transformation du secteur de la santé et la vision de ce secteur après transformation. Ces recherches quantitatives ont été complétées d'une évaluation qualitative sous forme d'interviews auprès d'experts du secteur pour assurer la cohérence et l'acceptabilité de nos travaux.

Ces travaux ont été menés par une petite équipe dédiée, en interaction partielle avec les autres équipes du Plan, notamment mobilité, énergie, emploi.

II- Notre point de départ

Difficulté à faire le bilan du point de départ (organisation physique, flux physiques, impacts) par manque de données :

La problématique traitée, au croisement entre système de santé et enjeux énergie-climat, ne bénéficie pas à ce jour d'une littérature scientifique développée. Davantage de collecte, de transparence et d'analyse de données carbone de la part des acteurs du secteur de la santé et des chercheurs sont essentielles pour donner plus de précision aux ordres de grandeur que nous présentons ici.

Nous avons décomposé notre étude en deux temps :

- D'abord, analyser les entrées et sorties de flux pour des établissements de santé types. Pour cette échelle microéconomique, les données sont relativement fournies et disponibles.
- Ensuite, extrapoler cette étude à l'ensemble du secteur de la santé sur la base de calculs d'ordres de grandeur, faute de données suffisantes à cette échelle.

Description du secteur actuellement (organisation physique, flux physiques, impacts) :

Le secteur de la santé n'est aujourd'hui que très partiellement sensibilisé aux enjeux climatiques et peu conscient de la nécessité de se décarboner. Il est pourtant **responsable d'environ 30 MtCO₂eq/an, soit 4,5% des émissions carbone de la France**, c'est-à-dire proche des secteurs de l'aérien ou du numérique, et ce principalement via sa chaîne d'approvisionnement.

L'**empreinte carbone** du secteur de la santé, qui témoigne directement des flux physiques sur lesquels l'établissement s'appuie pour fournir son offre de soin, est approximativement la suivante¹ :

	Principaux postes d'émission de GES	Part relative dans l'empreinte carbone du secteur de la santé
Achats	Achat de médicaments	10-15%
	Achat de matériel médical jetable	5-10%
	Achat de produits alimentaires	5-10%
Déplacements	Déplacements domicile-travail	10-15%
	Déplacement des patients (vers établissement de soin ou pour consultations de ville)	10-15%
Energie	Énergie consommée par le chauffage des bâtiments	10-15%
	Consommation d'électricité des bâtiments	10-15%
Immobilisations	Production du matériel immobilisé (construction bâtiment, IRM, scanners etc.)	10-15%
Autre	Retraitement des déchets	<5%
	Transport de matériel	<5%

La première source de flux physiques pour le secteur de la santé correspond à l'ensemble des **achats de consommables** : médicaments, matériel médical jetable, repas. Ils semblent représenter, d'après nos données actuelles, environ le tiers de l'empreinte carbone du secteur².

- La dépendance de l'offre de soin aux consommables pourrait pourtant être atténuée. Notamment, la surmédication est un phénomène avéré chez les patients polyopathologiques, qui sont suivis par plusieurs médecins de façon peu ou pas coordonnée. Elle concerne une personne sur cinq âgée de plus de 65 ans et augmente le risque d'accidents médicaux sévères³.
- Avec l'avènement du tout usage unique, la production de déchet plastique par les hôpitaux s'élève à 700.000 tonnes de déchets par an, soit plus d'une tonne par lit par an⁴.

¹ Les données présentées ici sont des approximations calculées sur la base des données disponibles dans la littérature et recoupées avec le bilan carbone type d'un établissement de santé (voir ADEME, Réalisation d'un bilan de GES, guide sectoriel établissements sanitaires et médico-sociaux, 2020) et le bilan carbone pour le secteur de la santé en France calculé dans Health Care's Climate Footprint (ARUP, 2019).

² « C'était bien la surprise générale : on s'est aperçu que dans les bilans carbone® d'un établissement de santé c'est l'achat de médicaments qui contribue le plus aux émissions, avant les déplacements. Si je prends l'ensemble des achats, les médicaments des laboratoires représentaient 46 % des émissions de GES en 2011. Après, j'ai 15 % d'achats de nourriture, et 14 % d'achats de services. Vous voyez quand même que le poste le plus important dans les achats ce sont les médicaments des laboratoires. Pourquoi ? Parce que ce sont des médicaments qui ne sont pas fabriqués forcément en Europe et qui viennent souvent de très loin donc... il faut qu'ils viennent. Pour 2011, si je ramène ça sur l'ensemble du bilan carbone les matériaux entrants hors emballages représentent 28 % et les déplacements représentaient 26 %. » Témoignage du CH de Niort dans Réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre, guide sectoriel établissements sanitaires et médico-sociaux, ADEME.

³ D'après une étude de 60 millions de consommateurs menée sur 150 000 patients polymédiqués, âgés de 65 ans ou plus, via plus de 2500 officines de ville. (https://www.60millions-mag.com/sites/default/files/asset/document/60millions-170921-polymedication_seniors.pdf)

⁴ Tecopital, Toujours 700.000 tonnes de déchets produits par les établissements de santé chaque année, 2018 (https://www.techopital.com/toujours-700.000-tonnes-de-dechets-produits-par-les-etablissements-de-sante-chaque-annee-NS_3763.html)

- L'approvisionnement des médicaments et du matériel médical repose par ailleurs sur des chaînes complexes, très peu diversifiées et éclatées géographiquement, qui sont donc fragiles. 80% des principes actifs contenus dans les médicaments consommés en France sont produits en Chine. En France, le nombre de signalement de ruptures ou de tension d'approvisionnement pour les médicaments d'intérêt thérapeutique majeur a été multiplié par 10 en 10 ans⁵.

Une autre source majeure de flux physiques pour le secteur de la santé est l'ensemble des **déplacements**, qui représentent approximativement le quart de l'empreinte carbone du secteur :

- Déplacements domicile-travail du personnel : le secteur de la santé emploie plus de 1,5 millions de personnels soignants et non-soignants, ce qui engendre une masse de déplacements domicile-travail très conséquente.
- Les déplacements de patients vers les centres de soins ou pour des consultations de ville sont également très conséquents. À ce titre, les hôpitaux, et en particulier les urgences qui sont sur-sollicités aujourd'hui, engendrent de longs déplacements : 17% de la population n'a pas de médecin traitant et doit se rendre aux urgences pour des consultations, y compris pour des problèmes chroniques.
- De ces trajets à l'hôpital, environ les deux tiers sont des visites en Soins de Suites et Réadaptation (SSR), c'est-à-dire que ce sont des visites planifiées et parfois régulières. Une petite partie de ces trajets sont aujourd'hui mutualisés de façon organisée par l'hôpital (co-voiturage) mais c'est une pratique très marginale.

Le secteur de la santé s'appuie aussi sur un ensemble de **bâtiments** pour fonctionner, qui sont consommateurs en énergie.

- La surface chauffée du secteur de la santé, représente environ 11% de la surface chauffée du secteur tertiaire. En particulier, le chauffage des bâtiments au gaz est une source majeure d'émission de GES.
- Le matériel médical de pointe (IRM, scanner) est également fortement consommateur d'électricité.
- Bâtiments et matériel médical de pointe ont en outre une empreinte physique forte du fait de l'ensemble des processus qui ont été mobilisés lors de leur production.

Le secteur de la santé a également une **empreinte au sol** particulièrement grande du fait des surfaces de parking qu'il mobilise.

Grands enjeux physiques, de résilience, d'accompagnement de la transformation, et environnementaux :

Le secteur de la santé est responsable d'environ **4,5% des émissions de gaz à effet de serre de la France**, ce qui est très significatif. Il est donc important d'organiser sa décarbonation en baissant sa **dépendance aux énergies fossiles**. En outre, cette baisse permettra d'accroître la résilience du secteur.

Accroître la résilience du secteur impose également de réviser les **circuits d'approvisionnement** de nos molécules actives et matériels médicaux en relocalisant une partie de la production et en diversifiant les sources d'approvisionnement pour ce qui ne peut être relocalisé.

⁵ Leem, Pénurie de médicaments : le plan d'action du Leem, 2019 (<https://www.leem.org/sites/default/files/2019-02/DP-Leem-P%C3%A9nurie-VF.pdf>)

Accroître la résilience du secteur impose surtout de replacer la notion de **sobriété** au centre des pratiques de soin et des modes de vie pour réduire la pression sur le système de santé, en renforçant la **prévention** et en limitant les actes et les prescriptions inutiles. Cela suppose en premier lieu de **former** les personnels soignants et les acteurs de la santé publique à l'intrication entre éthique médicale et enjeux environnementaux et les **sensibiliser** aux effets du dérèglement climatique sur la santé.

III- Le chemin proposé par le PTEF

1- Planifier activement la décarbonation et mettre en œuvre la résilience du secteur de la santé

a. Mieux évaluer les flux physiques sur lesquels s'appuie le secteur, y compris les flux induits

Pour mieux évaluer les flux physiques sur lesquels repose le secteur, tant pour les établissements de santé que pour la médecine de ville ou les établissements médico-sociaux, le PTEF prévoit un **mieux chiffrage par les établissements** et par le secteur en général de leur empreinte carbone, en tenant davantage compte des flux induits par leur chaîne d'approvisionnement. À ce jour par exemple, les bilans d'émissions de GES (gaz à effet de serre) que doivent réaliser les établissements publics de plus de 250 salariés n'ont pas l'obligation de prendre en compte le scope 3, c'est-à-dire les achats, les déplacements, les immobilisations, etc., qui constituent la majorité du bilan carbone des établissements de santé.

b. Diminuer le recours aux « consommables » et raccourcir les chaînes d'approvisionnement

Pour **limiter la surconsommation de médicament**, le PTEF prévoit :

- Une meilleure coordination entre les médecins des patients polyopathologiques notamment via la standardisation d'outils numériques permettant le partage des dossiers patient.
- L'encadrement de l'automédication.
- L'optimisation de la dispensation des médicaments par les médecins, à la fois dans les établissements de santé et pour la médecine de ville.

Pour **limiter la surconsommation de matériel jetable**, le PTEF prévoit que le secteur révise ses achats de matériel pour s'appuyer sur davantage de matériel réutilisable (tenues en tissu, instruments métalliques...).

Pour réduire la **fragilité des approvisionnements** en médicament, le PTEF étudie les possibilités de **relocaliser et diversifier** :

- Relocaliser la production des principes actifs d'intérêt thérapeutique majeur lorsque c'est possible.
- Diversifier ses approvisionnements lorsque le rapprochement de la production est impossible.

Note : ce dernier point est encore à l'étude, et la réflexion est loin d'être mature sur le sujet.

c. Diminuer le nombre de kilomètres parcourus

Pour diminuer le nombre de kilomètres parcourus, le PTEF prévoit que le secteur restructure son **offre de soins** à travers :

- Le développement des maisons de santé pluriprofessionnelles comme alternative à l'hôpital pour les soins ne nécessitant pas de gros plateau technique. Les maisons de santé pluriprofessionnelles se présentent comme des petits plateaux techniques polyvalents, capables d'effectuer des soins primaires hors des hôpitaux. Elles représentent aujourd'hui 10% de la médecine libérale. Un tel développement suppose néanmoins d'accroître les subventions pour ces structures et d'inciter les médecins à s'y installer.
- Davantage de délégation des médecins envers les Infirmières et Infirmiers de Pratiques Avancées pour les actes qu'elles peuvent prendre en charge. Le métier d'Infirmier de Pratiques Avancées permet aux médecins de déléguer une partie de leurs actes, tels que la prescription d'examen complémentaires, la demande des actes de suivi et de prévention ou encore le renouvellement de certaines prescriptions médicales. Les médecins peuvent ainsi se libérer du temps pour d'autres patients.
- L'essor de la télémédecine. La télémédecine est particulièrement pertinente pour certains diagnostics, pour les consultations de suivi ou pour les consultations de télé-expertise.

Le PTEF prévoit également que les établissements de santé mettent à disposition de leurs patients et de leurs personnels des **moyens de mobilité moins carbonés**, en :

- Mutualisant les trajets patient-hôpital lorsque c'est possible, notamment pour certains patients chroniques. Cela serait également source d'économies pour l'hôpital lorsque le trajet est à sa charge.
- Développant les plans de transport domicile-travail, ce qui offrirait aux personnels une source d'économies.

d. Atténuer les émissions directes du secteur, issues des bâtiments et des véhicules

Le PTEF prévoit que le secteur de la santé **décarbone ses bâtiments et les usages de ces bâtiments**, en les rénovant thermiquement et en adoptant les mesures recommandées par ailleurs par le PTEF pour l'ensemble des bâtiments.

Le PTEF prévoit également que le secteur **décarbone l'ensemble des véhicules de transport sanitaire**. Il prévoit que les établissements de santé mettent en place un **environnement favorable à l'électrification** de véhicules sanitaires légers (VSL), notamment en déployant des bornes de recharge électrique permettant aux VSL de se recharger lorsqu'ils attendent leurs patients et en augmentant la pondération du critère environnemental dans leurs appels d'offre.

e. Réviser le système de rémunération des acteurs de la santé

Les établissements de santé sont aujourd'hui rémunérés aux actes pratiqués ce qui incite à la multiplication des consultations. Pour les **maladies chroniques**, le PTEF travaille sur une rémunération de type forfaitaire (rémunération au **parcours**) qui permettrait de limiter les surconsultations, comme c'est le cas chez certains voisins européens (Allemagne, Pays-Bas). Une incitation de financement à la qualité fondée sur des **critères environnementaux** et écologiques pourrait être envisagée.

2- Basculer vers un système de santé plus préventif

a. Atténuer les besoins de soins

La **prévention** est l'ensemble des actions menées pour éviter ou réduire l'apparition, le développement et la gravité des accidents, maladies et handicaps. En améliorant le niveau de santé générale de la population, on réduit la charge sur le système de soin. Soutenir une transition vers un système préventif plutôt que curatif, c'est donc opérer une transition vers un système de santé **plus sobre**. Dans le cadre du PTEF, replacer la notion de sobriété au cœur du système de santé signifie notamment :

- Favoriser une alimentation plus saine, moins carnée, avec moins de produits transformés.
- Favoriser l'adoption d'une pratique régulière de la marche, du vélo, et d'autres efforts physiques réguliers d'intensité faible à modérée. À ce titre, le PTEF s'attache en particulier à repenser les modes de vie sédentaires. L'accroissement des activités de bureau intensifie fortement la durée moyenne de position assise qui accentue les risques d'apparition de maladies chroniques (indépendamment d'une pratique sportive par ailleurs).
- Former les patients au juste recours au système de soins. En particulier, les médecins doivent jouer un rôle majeur dans l'évolution vers une dispensation des médicaments et une automédication plus raisonnée.
- Améliorer la coordination des professionnels de santé pour améliorer le suivi des patients, notamment grâce à l'homogénéisation des systèmes numériques pour faciliter le partage des dossiers patients.
- Améliorer le suivi des patients de façon personnalisée et régulière. À ce titre, le développement d'outils numériques de suivi est une opportunité, en gardant à l'esprit qu'il est un outil au service d'un objectif de soin et non l'objectif en soi.
- Renforcer la prévention routière et réduire les limitations de vitesse pour limiter les accidents de la route. Limiter la publicité pour les véhicules puissants et donc souvent polluants pourrait avoir un double effet bénéfique en termes de prévention santé et climat.

Ces mesures passeront notamment par l'**augmentation de la part de la prévention dans le budget** total de la CNAM (estimation de 3 % à 10 %), pour se mettre au niveau de nos meilleurs voisins européens.

b. Identifier les co-bénéfices santé-climat-réduction des inégalités associés au système de santé préventif

Le PTEF souhaite mettre en avant les **co-bénéfices** en termes de **santé, climat** et réduction des **inégalités** qui existent entre la transformation de l'économie française pour la rendre plus sobre et résiliente et l'évolution vers un système de santé préventif. Il insiste notamment sur les co-bénéfices engendrés par :

- Le développement des mobilités douces (marche, vélo) et des modes de vie moins sédentaires. Nous renvoyons à ce titre le lecteur vers la fiche Mobilité quotidienne.
- Une alimentation moins carnée et basée sur moins de produits transformés. À ce titre, nous renvoyons le lecteur à l'objectif 6 de la transformation du secteur agricole.
- L'aménagement urbain en faveur de la santé, avec le développement d'îlots de fraîcheur. Nous renvoyons à la fiche Urbanisme sur ce point.

- L'abaissement des limitations de vitesse sur l'autoroute pour réduire le risque d'accidents.
- Le PTEF prévoit le développement de formations pour les acteurs du monde de la santé (soignants/non-soignants) aux enjeux environnement-climat-santé, dans une optique préventive.

IV- Le système de santé après transformation

Pour les **patients**, le système de santé après transformation, sera un système qui réduit les inégalités d'accès aux soins grâce à :

- Des prises en charge et services de santé moins éloignés ;
- Des délais d'accès aux soins plus courts (cf urgences versus Maison de Santé Pluriprofessionnelle) ;
- Des compléments de prise en charge moins coûteux.

Pour les **professionnels** de santé, ce sera un système qui soigne mieux et réduit le développement de pathologies graves, avec notamment :

- La réduction d'apparition de maladies liées aux modes de vie ;
- Une population en meilleure santé générale et donc mettant moins de pression au secteur ;
- Un meilleur suivi des patients sur le long cours ;
- Une meilleure coordination territoriale grâce notamment au transfert des informations nécessaires via le dossier patient.

Pour les **gestionnaires** publics, ce sera un système plus résilient, moins coûteux et plus sobre en accord avec les politiques publiques :

- Des bâtiments moins coûteux à entretenir et mieux exploités ;
- Des frais de santé moins élevés (grâce à la prévention) ;
- Une chaîne d'approvisionnement plus saine, mieux contrôlée ;
- Des économies sur les kilomètres effectués ;
- Une production de déchets maîtrisée.

Cette transformation aura également des conséquences mineures en termes d'**emploi** et de métiers, notamment :

- Une augmentation du nombre d'Infirmières et d'Infirmiers de Pratiques Avancées ;
- Des médecins qui se concentrent davantage sur leur cœur de métier ;
- Davantage de chauffeurs dans les sociétés de transport sanitaire ;
- Davantage d'ouvriers du BTP pour la rénovation des bâtiments tertiaires et des voiries lors du pic de transformation (même si la transformation du secteur des bâtiments pourrait réduire par ailleurs les emplois dans la construction neuve : se référer à la fiche logement, et à terme à la fiche bâtiment tertiaireaux fiches bâtiment tertiaire et logement) ;

- Moins d'emplois dans les pays produisant aujourd'hui les biens médicaux (médicaments, machines, équipements jetables, etc.) qui sont pour partie importés en France, et dont la consommation sera optimisée et/ou relocalisée ; davantage d'emploi, donc, en France, dans la production de certains de ces biens ;
- Des acteurs de santé et de santé publique bien informés des problématiques climatiques et de leur implication en termes de santé des populations ;
- Des ambassadeurs/formateurs pour aider les citoyens et patients à prendre conscience des co-bénéfices des actions de prévention de santé sur le climat dès le plus jeune âge.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Culture

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de la Culture dans le PTEF

1- La culture : un périmètre en constante évolution

Le champ de la culture n'est pas un domaine aux contours clairement admis puisque la définition même de la culture est en évolution et discussion permanente. Aussi, pour cette étude, nous avons choisi de nous appuyer sur la **nomenclature d'activités française (NAF)**, utilisée par l'INSEE et le ministère de la Culture. Les activités culturelles, artistiques ou créatives définies par la nomenclature française de la culture (NAF 2008) se construisent autour de huit domaines culturels : arts visuels ; spectacle vivant ; audiovisuel-multimédia ; édition écrite (livre et presse) ; patrimoine ; enseignement artistique amateur ; architecture ; publicité (pour partie). Ces huit domaines peuvent être recoupés par les six fonctions économiques que propose le cadre européen dans lequel s'inscrit la nomenclature française : création ; production et édition ; diffusion et commercialisation ; conservation ; formation ; administration et management culturel.

La culture a aujourd'hui un **poids économique significatif**, au moins en termes de PIB. En 2017, celui-ci représente 2,3 % du PIB avec une production annuelle de 47,5 milliards d'euros constants [1]. La part du budget des ménages consacrée aux biens et services culturels est de 1,6 % et les biens et services connexes à la culture (achats de matériel, ordinateurs, téléviseurs, etc., et de services liés au matériel ou les télécommunications) représentent quant à eux 2 % du budget total des ménages[1].

En termes d'emploi, en 2017 le secteur culturel embauche près de 635 000 personnes soit **2,2 % de la population active** [2]. La moitié de ces actifs exerce une profession d'artiste ou un métier d'art¹. Parmi les artistes salariés, près du tiers travaille en contrat court, type CDD ou CDDU. C'est en général la fragilité de l'emploi qui caractérise le secteur avec 37 % d'actifs non salariés et 59 % des salariés qui le sont en temps partiel ou en contrat court, un montant deux fois supérieur à la moyenne nationale.

Enfin, le secteur correspond également à un **réseau d'équipements culturels particulièrement dense** en France. En effet, en 2018, le paysage culturel français compte plus de 16 000 lieux de lecture publique et plus de 500 librairies labellisées, plus de 2 000 cinémas et 5 800 écrans, 440 lieux de spectacle labellisés par le ministère de la Culture, 1 200 musées de France et une quarantaine de musées nationaux, 51 centres d'art et 23 fonds régionaux d'art contemporain, plus de 400 jardins remarquables, près de 200 villes et pays d'art et d'histoire, 535 000 entités archéologiques, etc.

Pour des raisons de temps et de ressources, certains domaines de la culture ne seront abordés ici qu'à la marge ou traités de manière partielle, en fonction de nos priorités et en coordination avec les autres secteurs d'activités abordés par le PTEF. Ainsi, l'architecture, considérée au prisme des bâtiments et de l'urbanisme sera avant tout observée ici dans son volet de formation (les écoles d'architecture). Les jeux vidéo seront abordés sous l'angle du numérique, axe transversal de transformation pour la culture. Enfin, la publicité et la presse ne seront pas considérées ici mais mériteraient un traitement spécifique en dehors du PTEF.

2- Un secteur au cœur de toutes les transitions

En tant que secteur tertiaire, la culture entre en relation étroite avec de nombreux secteurs « amont » et « usages ». Aussi, dans le cadre du PTEF, nous avons étroitement travaillé avec les équipes en charge des domaines suivants :

- **Mobilité et transports** : alliée aux loisirs, la culture est la troisième cause de mobilité [3] des Français, et la moitié des 87 millions de touristes internationaux que nous accueillons visite notre patrimoine. À lui tout seul, le musée du Louvre déplace chaque année plus de visiteurs et visiteuses étrangèr-es qu'il n'y a d'habitant-es dans les vingt communes les plus peuplées de France [4].

¹ Somme des emplois appartenant aux catégories "Professions des arts visuels et des métiers d'art", "Artistes des spectacles", "Cadres artistiques et technico-artistiques de la réalisation de l'audiovisuel et des spectacles", "Auteurs littéraires". Les professions de la création et de la diffusion rassemblent plus de la moitié des professionnels de la culture en 2016 : les professionnels du spectacle forment près d'un tiers des effectifs (31 %), soit 186 800 actifs, et ceux des arts visuels et des métiers d'art 29 %, soit 173 800 actifs. Les effectifs ont plus que doublé en vingt-cinq ans pour les professions des spectacles et celles des arts graphiques, de la mode et de la décoration.

- **Urbanisme** : la place de la culture dans un territoire est d'autant plus importante qu'elle génère un fort besoin en déplacements. Sa localisation, son déploiement territorial et son accès doivent être pensés en conséquence.
- **Bâtiments et énergie** : Le maillage des lieux culturels, que nous avons déjà évoqué plus haut ici, est extrêmement dense sur notre territoire. Ces bâtiments mobilisent de l'énergie pour leur chauffage et leur climatisation, dont le besoin pourrait être réduit par la rénovation énergétique : la culture est donc en lien étroit avec les secteurs du bâtiment et de l'énergie.
- **Numérique** : La VOD, la télévision en ligne, les téléchargements de jeux vidéos et le streaming musical représentent plus de la moitié de la bande passante du numérique [5]. Si l'on ajoute la diffusion des films pornographiques (qui fait partie, qu'on le veuille ou non, du sous-secteur de l'édition et de la distribution de vidéos), le secteur représente environ les trois quarts de la bande passante du numérique [6].
- **Enseignement supérieur et recherche (ESR)** : En 2019, l'Enseignement supérieur culture (ESC) représente 36 500 étudiants et une centaine d'établissements qui délivrent plus de 40 diplômes nationaux. L'ESC est un levier fondamental pour réaliser la transformation, or les formations qui mènent aux métiers du secteur n'intègrent pas encore les enjeux énergie et climat, qu'il s'agisse des formations initiales comme de la formation continue. À cela s'ajoute que les nombreuses écoles et universités du secteur culturel doivent réaliser leur propre transformation.

II- La culture : un secteur exposé, qui ne mesure pas les risques qu'il encourt

1- Un bilan sectoriel complexe à mettre en œuvre

Réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur relève d'une grande complexité. La définition même de la culture est plurielle et débattue car elle repose sur des représentations de valeurs (individuelles, sociales, esthétiques...) difficilement compatibles avec des outils objectifs de mesure habituellement employés dans d'autres secteurs de l'économie. Les contours du secteur ne cessent ainsi d'évoluer, comme l'illustre la montée en puissance des industries culturelles à partir des années 1960 ou encore la reconnaissance des jeux vidéo dans les années 1990. De plus, la culture ne relève pas d'un secteur économique homogène qui n'aurait qu'un seul type de structure, un seul mode de production ou encore un produit bien identifié. Les problématiques ne sont absolument pas les mêmes pour la production d'un livre, l'organisation d'une biennale ou d'un festival, le tournage d'un film, la création d'une pièce de théâtre, la tournée d'un spectacle de danse ou la diffusion d'une œuvre sérielle sur une plateforme de Vidéo à la demande (VOD).

Enfin, il s'agit d'un **secteur peu enclin à l'approche quantitative** et méconnaissant souvent l'approche « bilan carbone ». À cela s'ajoute que, le secteur étant inégalement doté, il n'a **pas toujours les moyens** de produire les données nécessaires à cet exercice. Le **soutien public** au chiffrage des flux physiques (matières, énergie, déchets, gaz à effet de serre...) du secteur fait ainsi partie de nos premières recommandations, condition *sine qua non* **pour dessiner une trajectoire de transformation réaliste**, échelonnée dans le temps et alignée avec les objectifs des Accords de Paris. Connaître ces flux permet également d'**évaluer les vulnérabilités** du secteur face à des contraintes sur ces flux, certains étant amenés à se tarir progressivement du fait de la raréfaction des ressources dont ils dépendent (ex : pétrole), ou de par le besoin de les diminuer pour réduire le changement climatique (ex : GES).

2- Construire une méthode d'évaluation rigoureuse

Pour parer à l'important manque de données physiques auquel nous avons fait face, **nous avons mené près de quarante entretiens** auprès de professionnel·les du secteur de diverses spécialités (arts visuels, cinéma et audiovisuel, enseignement supérieur, jeu vidéo, musique, festivals, patrimoine, spectacle vivant, etc.). Ces entretiens se poursuivent encore actuellement. Au fil de ces derniers, **nous élaborons des outils** permettant d'évaluer les émissions des différentes activités du secteur culturel. Puis **nous vérifions nos estimations** au travers des quelques bilans carbone réalisés par des acteurs du secteur (bilans encore rares à ce jour).

Cette approche a permis de mettre en avant les **huit principaux postes d'émissions de GES** du secteur : transports et mobilité, alimentation, bâtiment, énergie, production des oeuvres, usages du numérique, communication, déchets.

- Nous arrivons ainsi à estimer certains impacts : ceux des différents lieux culturels en fonctionnement (salles de spectacles, musées, cinéma, bibliothèque, etc.), de l'ensemble des manifestations (festivals, foires, biennales, représentations, etc.), des opérations de production (tournage, production d'une oeuvre ou d'un spectacle, etc.) et des moyens physiques de diffusion (tournées, expositions, acheminement des oeuvres, etc.).
- En plus, sur la base des travaux déjà réalisés par *The Shift Project* et les études menées par l'agence Sandvine, nous établissons également les premières données publiques sur l'impact de la culture au travers des outils numériques. Les données collectées et nos travaux nous permettent déjà d'affirmer que le numérique ne peut pas être considéré en lui-même comme une solution décarbonée et résiliente pour la culture.
- Même si nous ne pouvons proposer un bilan carbone du secteur de la culture dans son ensemble sur la base de ces outils, nous pouvons partager les données suivantes. Pour rappel, une tonne équivalent CO₂ correspond au bilan carbone d'un Français moyen sur un mois, à un aller-retour Paris-New York en avion ou encore à 10 000 km en voiture citadine.

Transports :

- Pour un musée comme le Louvre, le bilan carbone provient à 99 % des émissions liées aux déplacements de ses visiteurs pour environ 4 millions de tonnes équivalent CO₂ [7];
- Pour un festival déplaçant environ 250 000 personnes dans un lieu à distance d'un centre-ville (comme Les Vieilles Charrues à Carhaix), nous estimons que le bilan carbone lié aux déplacements des spectateurs avoisine les 5 000 tonnes équivalent CO₂ dont plus de la moitié provient de 3 % de spectateurs ayant pris l'avion² [8].

Alimentation :

- En 2019, le Hellfest a distribué 440 000 litres de bière [9]. Si la bière vendue provient d'un pays limitrophe et de l'agriculture dite "conventionnelle", nous pouvons estimer le bilan carbone de cette consommation à environ 600 tonnes équivalent CO₂. Ce chiffre passe à environ 450 pour une bière locale et biologique soit une réduction de 25 % des émissions liées³ [10].
- Pour la régie d'un tournage réunissant une centaine de personnes pour environ 60 jours, nous estimons que le choix d'une alimentation carnée intégrant de la viande rouge sur près de 12 000 repas aura un bilan carbone d'environ 50 à 60 tonnes équivalent CO₂. Ce chiffre pourrait être divisé par 10 en optant pour une alimentation végétarienne, biologique, locale et de saison [10].

Énergie :

- Un festival de musiques actuelles demandant 90 000 kWh pour son fonctionnement émettra environ 16 tonnes équivalent CO₂ si son énergie provient pour moitié du réseau local et pour moitié de groupes électrogènes. Ce bilan peut passer à environ 5 tonnes équivalent CO₂ en alimentant l'événement en totalité sur le réseau électrique français [8].

Production des œuvres :

- D'après le bureau d'étude de l'Opéra de Lyon, le premier décor d'opéra ayant fait l'objet d'une analyse *a posteriori* via l'outil d'éco-conception de l'institution a émis 20 tonnes équivalent CO₂ ;

² Nos hypothèses pour les transports étant basées sur le travail mené par EneRis, nous avons pris ici les paramètres de mobilité suivants : 47 % des festivaliers viennent en voiture sur une distance aller-retour de 165 kilomètres avec 1,8 personnes par véhicule, 20 % en cars interurbains parcourent 80 kilomètres aller-retour, 15 % en ferré urbains parcourent 40 kilomètres aller-retour, 15 % en trains grandes lignes parcourent 1000 kilomètres aller-retour et 3 % en avion parcourent 3000 kilomètres aller-retour.

³ Nos estimations sur la nourriture se basent sur l'éco-calculateur de l'association "Bon pour le climat", "Étiquetable".

- La production du papier à partir de la pâte à papier représente près de 60 % des émissions de la production d'un livre⁴, soit 144 000 tonnes de CO₂ par an en 2011 pour Hachette Livre, premier groupe d'édition français avec 25 % environ de part de marché [11].

Numérique :

- Le visionnage d'un film sur son ordinateur portable via une plateforme en HD représente environ 3 giga de données. D'après nos estimations et en considérant le mix énergétique mondial, ce visionnage représente une émission d'environ 450 grammes équivalent CO₂ en utilisant une connexion wifi et environ 1,5 kG équivalent CO₂ en utilisant le réseau mobile⁵.
- Une expérience live stream en VR (Virtual reality / Réalité virtuelle) de deux heures nécessite un fichier vidéo 8K soit environ 160 giga de données. Nous estimons que l'impact de ce visionnage est très largement supérieur au coût carbone par spectateur d'un spectacle en ville.

III- Quel chemin vers une culture décarbonée et résiliente ?

1- Nos objectifs

Malgré la diversité des problématiques du secteur et le besoin réel de données plus précises, nous pouvons lister les modifications qui s'imposent pour rendre le secteur bas carbone et résilient :

- **La relocalisation des activités** : celle-ci s'inscrit dans le raccourcissement des distances parcourues, évalué comme nécessaire par les secteurs mobilité et transport du PTEF. Elle recouvre le besoin d'inscrire la culture au coeur des territoires et d'en faire un moteur pour la transition locale au travers de tous ses besoins : achats, alimentation, bâtiments, énergie, mobilité et transports.
 - Bien évidemment, la relocalisation des activités ne vient pas mettre un terme à la circulation des idées mais nécessite de penser autrement la matérialité de leur circulation.
 - À l'inverse, imprimer un livre en Chine sur du papier fabriqué en Europe et dont les fibres proviennent d'un marché mondial, ne vient pas enrichir son contenu.
 - Enfin, la relocalisation renvoie aussi aux problématiques d'accès et à l'ancrage territorial des lieux culturels, tant en matière d'accompagnement des artistes qu'en matière d'accès à la culture.
- **Le ralentissement** : le ralentissement est le corollaire du raccourcissement des distances parcourues, et peut être bénéfique à la création. Si une résidence d'artiste à l'étranger garde tout son intérêt en termes d'échanges interculturels, allonger sa durée pour en réduire le nombre représente un gain d'un point de vue environnemental, et peut en représenter un pour la qualité de création.

Une date de tournée impliquant le déplacement d'équipes artistiques et techniques de Paris à Singapour pour une représentation unique devant une cinquantaine de spectateurs n'est pas un modèle de tournée soutenable. Pas plus que ne l'est le modèle de tournée des artistes internationaux de la musique actuelle. Une saison d'établissement muséal reposant sur un grand nombre d'expositions temporaires de courte durée, blockbusters dont les oeuvres proviennent de partenaires lointains et attirent des visiteurs venus en avion, est particulièrement exposée aux risques climatiques et énergétiques. De nombreux professionnels semblent également inquiets quant à la surcharge induite par cette course aux ressources propres pour les équipes de production.

⁴ sur son cycle de vie hors logistique lié à l'acheminement de l'entrepôt au point de vente et du point de vente à l'entrepôt pour les retours

⁵ Nos estimations se basent sur le mix énergétique mondial et sur 0,884 KWH par giga téléchargé pour le réseau mobile et 0,152KWH par giga téléchargé pour le réseau wifi.

Nous proposerons donc de :

- ralentir en systématisant la mutualisation des tournées, des expositions, des diffusions entre plusieurs partenaires locaux ou situés sur un même parcours de diffusion ;
 - ralentir en augmentant le nombre de représentations ou la durée d'exploitation/d'exposition des œuvres dans chaque lieu de représentation ;
 - ralentir lorsque c'est possible, en encourageant la re-création des œuvres à l'étranger plutôt que leur tournée – ce qui semble particulièrement pertinent pour les œuvres de théâtre et de danse, comme le démontre le travail engagé par le chorégraphe Jérôme Bel [12].
- **La réduction des échelles** : la quête de puissance, motrice du développement culturel de ces dernières décennies a conduit à une événementialisation de la culture et à une croissance permanente des jauges.

Or, plus un événement culturel doit attirer de visiteurs, plus son audience est internationale, sa programmation en conséquence, plus celle-ci doit déployer des performances spectaculaires pour se différencier... et plus le bilan carbone augmente. Les festivals (en particulier dans la musique actuelle) comme les foires ou les biennales forment les stéréotypes de cette tendance, entraînant par ailleurs une homogénéisation des codes et pratiques esthétiques.

Certains professionnels évoquent une véritable « course à l'armement » : nous envisagerons la désescalade.

- Pour autant, la réduction des échelles ne signifie pas la réduction de la création. Nous ne pensons pas la profusion créative comme une barrière à la sobriété. Nous constatons au contraire, dans tous les secteurs culturels, qu'une poignée d'acteurs concentrent l'essentiel des ressources et des impacts.
 - Dans le domaine du livre, le nombre de nouveaux titres publiés chaque année a triplé entre 1990 et 2016, or 70 % de ventes se font sur 15 % de titres [13] et 90 % de livres publiés en 2016 font seulement 12 % du chiffre d'affaire⁶.
 - Dans le cinéma, le bilan carbone du tournage d'un James Bond, qui implique la destruction de trente millions d'euros de voitures neuves [14], n'est en rien comparable à celui d'un documentaire dont la production et la diffusion se font à des échelles locales et dans des temps longs.
 - Aussi, une meilleure distribution des ressources permet à la fois de garantir une création foisonnante, plus résiliente et plus diverse culturellement.
- **L'éco-conception des œuvres** : l'éco-conception des œuvres est le reflet d'une révolution esthétique à mener : que regardons-nous ? Quels sont les critères du jugement esthétique ? Peut-on apprécier une œuvre dont la création est destructrice ?

Si certains lieux, comme l'Opéra de Lyon, s'emparent du sujet, la problématique reste encore absente des politiques publiques comme des décisions esthétiques. Chaque œuvre scénique, scénographique ou artistique est unique mais toutes nourrissent d'importants besoins en matériaux et en fabrication.

- Ces besoins doivent être documentés en quantité et en impact afin d'aider les institutions comme les créateurs dans le choix des pratiques les plus vertueuses et résilientes. L'outil proposé par le bureau d'étude de l'Opéra de Lyon est en ce point exemplaire : il aide à la décision en donnant connaissance des enjeux des constructions sur la santé humaine et le changement climatique. La mise en place d'outils similaires et leur utilisation systématique doit être soutenue par les pouvoirs publics pour les différents domaines culturels. L'éco-conception doit être inscrite au cahier des charges des marchés publics.

⁶ Olivier Donnat, *Évolutions de la diversité consommée sur le marché du livre (2007-2016)*, ministère de la Culture, 2018, cité dans Association pour l'écologie du livre, *Le livre est-il écologique ? Matières, artisans, fictions*, Editions Wildproject, France, 2020, p.8

- À l'instar de la Réserve des Arts [15] créée en 2008 à Paris ou encore la Fédération des récupérathèques [16] créée en 2017 par d'anciens étudiants d'écoles d'art et de design, le besoin de développer un réseau conséquent de ressourceries et de recycleries dédiées au domaine culturel s'impose pour soutenir cette éco-conception. Le recours à ce réseau d'économie circulaire doit être encouragé pour la création des costumes, décors et scénographies, autant que pour leur fin de vie.
- **Le renoncement** : pour imaginer une culture résiliente, il faudra renoncer à certaines pratiques déjà en cours et à certaines opportunités technologiques carbonées qui s'annoncent pour le secteur.

Parmi les pratiques en cours, la croissance permanente des jauges n'est pas soutenable, pas plus que ne le sont les clauses d'exclusivité territoriales à l'œuvre dans les manifestations culturelles (empêchant les artistes programmés de penser des tournées résilientes et locales puisque ces clauses leur interdisent de se produire dans tout autre lieu ou toute autre manifestation d'un territoire défini pour une période donnée).

Du côté des opportunités, lors de la crise du COVID-19, les outils numériques ont souvent été évoqués comme des solutions prêtes à l'emploi pour assurer la résilience du secteur. Or, d'un point de vue environnemental, l'équation n'est pas si simple. Le numérique doit en effet être considéré comme un système dont les usages eux-mêmes peuvent s'avérer fortement énergivores et dont la production des équipements sous-jacents est fortement impactante.

- Nos premières estimations chiffrées nous permettent d'ailleurs d'affirmer que, à nombre de spectateurs égal, la représentation d'un spectacle en centre-ville ou en live HD a un bilan carbone similaire⁷. De plus, nous craignons que ces usages ne viennent s'ajouter et non se substituer aux pratiques existantes⁸, participant ainsi à un accroissement du bilan carbone sectoriel.
- Enfin, nous constatons un nombre considérable d'effets rebond potentiels associés au déploiement des solutions numériques. À titre d'exemple, la mise en place de la 5G va permettre une hausse des débits moyens de téléchargement, le recours systématique aux meilleurs niveaux de définition en mobilité ainsi que le déploiement de technologies de diffusion très énergivores comme les lives en VR (réalité virtuelle). Or, d'après nos premières estimations, à nombre de spectateur égal, le bilan carbone par spectateur d'un live en VR est largement supérieur à celui d'un spectateur en physique d'un spectacle en centre-ville.
- Nous proposerons donc aux acteurs du secteur de renoncer à de nombreuses technologies particulièrement énergivores comme les formats les plus lourds pour la diffusion en streaming ou les pratiques les moins sobres en matière de téléchargements.
- Nous considérerons toujours le numérique comme un système aux impacts réels et nous opposerons donc à l'émergence de nouveaux usages carbonés par ce biais.

2- Notre typologie de transformations

Pour rendre ces transformations concrètes et accompagner les acteurs du secteur dans cette trajectoire de décarbonation, nous proposerons une typologie complète de mesures allant des mesures les plus simples à mettre en œuvre aux plus transformantes. Cet outil est en cours de co-construction avec des professionnels de la culture déjà engagés dans la transition. Il sera diffusé plus largement auprès du secteur en parallèle de cette note, afin de le tester, de l'enrichir et de l'affiner. En attendant sa publication, en voici quelques exemples :

⁷ Simulation réalisée sur la base d'un spectacle de théâtre créé pour 30 représentations en lieu fixe et en centre-ville, cette simulation inclut le bilan de la salle et le bilan de la création du spectacle amortis sur le nombre de représentations. Finalement, pour un live classique, la diffusion en streaming ne provoque qu'un report modal du déplacement des spectateurs vers les moyens de diffusion numérique. Le bilan de la salle, les déplacements des équipes artistiques et techniques, l'amortissement de la création reste inchangés.

⁸ Précisons que la substitution ne nous semble pas souhaitable à d'autres égards.

- **Les transformations dites « transparentes »** sont celles qui pourront être mises en œuvre à très court terme, sans impact sur le métier des acteurs du secteur, son organisation et son modèle économique. À titre d'exemple :
 - la suppression de la viande des repas proposés par les établissements et acteurs culturels fait chuter drastiquement le bilan carbone de l'acteur concerné sans aucune conséquence pour son cœur d'activité ;
 - l'inscription de la mention « la connaissance des enjeux énergie-climat » dans les compétences appréciées pour toute offre d'emploi du secteur encouragerait les formations du secteur culturel à intégrer systématiquement l'enseignement des enjeux énergie-climat dans leurs programmes.
- **Les transformations dites « positives »** sont celles qui, bien qu'elles ne touchent pas au cœur d'activité des acteurs de la culture, comportent de nombreux co-bénéfices et effets d'entraînement. Elles soutiendront ainsi la transition des secteurs avec lesquels la culture entre en interaction. À titre d'exemple :
 - la rénovation thermique des bâtiments du secteur participera de la transition dans les secteurs de l'énergie et du bâtiment ;
 - le passage à une alimentation biologique, de saison et en circuit court participera à une transformation des territoires ;
 - le recours systématique aux ressourceries pour la création et la fin de vie des décors et scénographies participera du développement des réseaux de réserves scénographiques.
- **Les transformations dites « offensives »** viseront à réorganiser le secteur en fonction des contraintes énergétiques et climatiques. À titre d'exemple :
 - la mutualisation systématique des dates de tournées d'artistes internationaux entre plusieurs lieux culturels d'un même territoire ;
 - l'augmentation significative de la part d'artistes locaux dans les programmations des établissements culturels.
- **Les transformations dites « défensives »** encourageront le renoncement aux opportunités les plus carbonées afin de ne pas créer d'inerties nouvelles dans le cadre de la prise en compte des enjeux énergie-climat. À titre d'exemple :
 - l'interdiction des clauses d'exclusivité territoriale qui empêchent les artistes internationaux de jouer dans plusieurs lieux culturels ou festivals d'un même territoire sur une période donnée⁹ ;
 - le renoncement à la diffusion en UHD, 4K et 8K pour l'ensemble des contenus vidéos en ligne, y compris cinématographique ;
 - le renoncement au développement du cloud-gaming.

3- Notre stratégie de mise en œuvre

Cette liste de transformations, et les mesures qui vont avec, devra être mise en œuvre et accompagnée par :

a. Des politiques publiques nationales et territoriales ambitieuses :

À ce jour, la transition écologique et les enjeux énergie-climat n'apparaissent pas en tant que priorités du ministère de la Culture. À titre d'exemple, aucune orientation stratégique du projet de loi de finances 2020 de ce ministère n'en fait mention. Il en va de même pour les principales études du secteur, qu'elles

⁹ Pratique particulièrement à l'œuvre dans les festivals de musique actuelle. Cette clause stipule que l'artiste s'engage à ne pas se représenter ailleurs que dans le festival qui l'accueille sur une période donnée (se chiffrant parfois en années) et sur une zone géographique déterminée dans le périmètre du festival (pouvant aller du régional au national voire continental sur certains festivals d'envergure).

soient publiques (*Chiffres clés, statistiques de la culture et de la communication 2019* par le ministère de la Culture) ou privées (*3e Panorama des Industries culturelles et créatives*, novembre 2019, par EY) : la transition écologique est totalement absente du cadre d'analyse et des critères d'évaluation.

Aussi, afin de conduire la transformation, le ministère de la Culture doit énoncer des politiques publiques ambitieuses et financer la décarbonation. Pour les mettre en œuvre, il pourra s'appuyer sur ses opérateurs dans chacune des filières et créer des dispositifs d'incitation/désincitation, telle que l'éco-conditionnalité des subventions par exemple¹⁰, outils efficaces dès lors qu'ils sont accompagnés et évalués. Il doit également donner les moyens économiques de la mise en œuvre de cette transformation : labellisation et prise en charge financière de prestations environnementales extérieures (réalisation de bilans carbone, accompagnement RSE, etc.).

Enfin, à l'instar de l'Observatoire annuel de l'Égalité entre femmes et hommes, nous recommandons également que le ministère de la Culture mette en place un Observatoire de la transition écologique afin de disposer d'un réel outil d'évaluation et de conduite de changement.

b. Une formation systématique aux enjeux énergie-climat :

Pour accélérer les changements de pratiques professionnelles, la formation des acteurs de la culture est primordiale. Or nous constatons aujourd'hui que les enjeux énergie-climat sont très peu pris en compte dans l'Enseignement supérieur Culture (ESC)¹¹ et de manière particulièrement inégale selon les branches de formation¹² [17].

- Cela peut être le reflet de cultures professionnelles différentes qui transparaissent dans les écoles où les enseignants exercent par ailleurs. Ainsi les enjeux énergie-climat sont relativement présents dans les écoles d'architecture alors qu'il sont complètement absents du cinéma où la profession n'a pas intégré ces enjeux dans ses pratiques.
- Par ailleurs, il existe extrêmement peu de formations spécialisées, contrairement à d'autres pays européens tels que le Royaume-Uni, la Finlande ou encore la Suède.
- Enfin, nous constatons que le manque d'interdisciplinarité dans les formations délivrées par les universités est également un frein majeur.
- Nous observons que les directions d'établissements sont elles aussi engagées à des degrés très variables et que ce sont le plus souvent les étudiant-es qui sont à l'initiative des changements en la matière.

L'engagement du ministère de la Culture sur cette question est là aussi trop faible et particulièrement inégal : s'il a su impulser la création d'un réseau scientifique et pédagogique de la transition écologique dans les écoles d'architecture à l'issue de la COP21 [18], il est totalement absent dans les arts visuels et le spectacle vivant.

Aussi, il est nécessaire que les pouvoirs publics s'engagent à court terme dans la systématisation de la formation à ces enjeux dans l'ESC et mettent à disposition les moyens nécessaires pour effectuer cette transition, telle que la formation des formateurs, le soutien à la création de postes dédiés au sein des établissements, ainsi que la mise en réseau et le partage d'outils. À titre d'exemple, l'Ecole nationale supérieure des Arts Décoratifs a défini un Plan de transition écologique exemplaire, recouvrant la pédagogie et la recherche, la vie de campus, et la relation de l'école avec l'extérieur. Chaque axe est

¹⁰ Nous sommes favorables à l'application, sur un principe de redistribution, d'une logique pollueur-payeur / dépollueur-payé à condition que celle-ci soit suivie et contrôlée dans la pratique. Nous pensons qu'un tel principe doit être hautement incitatif en cas de dépassement des émissions ou impacts autorisés et hautement incitatif pour la mise en pratique des actions menant à la résilience du secteur. Enfin, nous pensons que les fonds récoltés doivent financer autant le dispositif en lui-même que la formation des professionnels et futurs professionnels du secteur aux enjeux énergie-climat.

¹¹ L'ESC relève principalement du ministère de la Culture dans les domaines de l'architecture, des arts plastiques, du spectacle vivant, des patrimoines, du cinéma et de l'audiovisuel. Dans d'autres secteurs, telle que l'archéologie, les archives, le livre, l'administration et la médiation culturelle, les formations sont principalement délivrées par les universités. Enfin, les écoles relevant du secteur privé proposent des formations dans les arts graphiques, l'architecture, les métiers techniques du spectacle, du cinéma et de l'audiovisuel, les jeux vidéo, le multimédia.

¹² Constat basé sur la réalisation d'une trentaine d'entretiens réalisés dans l'ESC, dans le cadre du rapport "[Mobiliser l'Enseignement supérieur pour le Climat](#)" du *Shift Project*, mars 2019.

accompagné d'objectifs et de mesures inscrites dans le temps. Nous encourageons vivement l'adoption de ce type d'outils de transformation par les établissements de l'ESC¹³.

Enfin, nous invitons les organismes délivrant des formations professionnelles tels que le Cipac ou l'Afdas, par exemple, à mettre en place des formations dédiées ; et les employeurs à proposer ces formations à leurs salariés.

IV- Le secteur culturel après transformation

La culture est devenue un levier de résilience locale. Elle participe autant à la sobriété des territoires qu'à la cohésion de leurs habitants. L'accès à la culture et le lien avec les artistes se sont renforcés, les activités culturelles et les loisirs occupant ainsi une place centrale dans le quotidien des Français. Chaque domaine conserve néanmoins d'importantes spécificités.

1- Audiovisuel et cinéma

Après transformation, on produit toujours des films mais la manière dont ils sont produits, promus et diffusés a été réinventée.

De la relecture du scénario jusqu'à la promotion, la production et la diffusion des oeuvres cinématographiques est accompagnée par des sociétés d'éco-tournage labellisées par le CNC. Réalisant un bilan carbone prévisionnel avant chaque création, ces sociétés accompagnent les équipes dans leur choix artistiques, logistiques et techniques. Toutes ces équipes connaissent les enjeux énergie-climat qu'elles ont apprises dans le supérieur ou en formation continue.

Tout au long des tournages, ces sociétés d'éco-tournage s'assurent de minimiser les distances entre lieux de tournage et de choisir les moyens de transports les plus sobres. La grande majorité des trajets longue distance se fait en train et l'avion n'est considéré qu'à titre très exceptionnel.

Ces sociétés veillent également à une régie responsable (zéro déchet, alimentation locale, biologique, de saison et le plus souvent sans viande), ainsi qu'à des choix techniques vertueux (fournisseurs proches des lieux de tournage, mobilités bas carbone et mutualisées, recours aux ressourceries pour la conception et la fin de vie des décors, renoncement aux groupes électrogènes en faveur du raccordement au réseau électrique...).

Ces sociétés fournissent également un bilan carbone de la production et de la promotion de l'œuvre dont dépendent des bonus et malus appliqués par le fonds écologique et responsable du CNC.

La diffusion se fait dans des salles efficaces énergétiquement, inscrites dans des logiques zéro déchet avec les acteurs locaux. Mieux réparties et desservies sur les territoires, ces salles sont facilement accessibles et les publics s'y rendent à vélo ou en transports en commun. Les publics peuvent y acheter des produits alimentaires biologiques et locaux.

La programmation de ces salles de cinéma est particulièrement diversifiée et compte une part importante de productions locales dont la diffusion ne démarre que dans quelques établissements du territoire et dans des jauges inférieures à la moyenne. Les publics ont souvent vu le film se faire : ils se sentent proches de l'œuvre et le résultat leur importe.

La diffusion peut également se faire en ligne sur des plateformes numériques ayant choisi les modes de diffusion les plus sobres énergétiquement (qualité proposée, absence de designs addictifs, etc.).

D'après nos premières évaluations, nous estimons que le bilan carbone correspondant à l'ensemble du cycle de vie d'un film pourrait ainsi être divisé par deux. Nous attendons la validation de nos modèles auprès d'acteurs du secteur et travaillons actuellement en lien étroit avec Secoya pour parfaire nos estimations. Précisons cependant que ces efforts ne suffiront pas à atteindre la neutralité carbone du secteur.

¹³ Nous proposerons un plan de transition type en septembre, sur la base du modèle créé par l'EnsAD.

2- Événementiel culturel (biennales, foires, festivals, représentations...)

Le modèle des grands rendez-vous internationaux telles que les foires ou les biennales d'art est devenu obsolète. Les événements culturels s'inscrivent dans un territoire local pour l'ensemble de leurs besoins, de la logistique aux déchets en passant par l'alimentation. Se faisant, ils décarbonent massivement leurs impacts liés au fret et à l'alimentation des équipes et des publics.

L'équipe qui porte l'événement est formée aux enjeux énergie-climat, grâce à l'enseignement supérieur ou à la formation continue.

La jauge est adaptée pour attirer en premier lieu un public régional. Les organisateurs dépendent ainsi moins des artistes internationaux pour assurer le remplissage de l'événement. Pour les festivals de spectacle vivant, les artistes internationaux qui s'y produisent n'ont pas signé de clause d'exclusivité territoriale et leur venue s'inscrit dans une tournée raisonnée à l'échelle nationale. Certaines oeuvres internationales présentées ont été recrées localement par des artistes du territoire en lien étroit avec l'artiste-auteur d'origine grâce aux moyens numériques les plus sobres. Le reste de la programmation est locale et travaille étroitement avec les publics.

Pour l'accueil des publics, les organisateurs sont en lien étroit avec les acteurs locaux pour faciliter l'accès via les transports en commun. Les organisateurs encouragent également les mobilités douces et les moins carbonées.

L'événement n'utilise aucun groupe électrogène pour ses besoins électriques et favorise le branchement au réseau électrique local.

Tous les déchets de l'événement sont revalorisés auprès d'acteurs locaux. Ses rares déchets alimentaires sont compostés et bio-méthanisés pour les besoins de l'agriculture du territoire et les surplus donnés à des associations locales. Ses rares déchets électroniques sont confiés à des acteurs locaux (ateliers de réparation, ressourceries, ...).

D'après nos estimations, un festival accueillant une jauge moyenne de 50 000 personnes par jour sur trois jours peut voir son bilan carbone passer d'environ 1 900 tonnes équivalent CO₂ sans prise en compte des enjeux énergie-climat à moins de 600 tonnes en suivant nos recommandations et ce, à jauge constante. En plus, ce dernier s'inscrit en levier de la transition à échelle locale et participera ainsi de la résilience du territoire. Cependant, cet effort ne saurait suffire et nous estimons que l'atteinte de la neutralité carbone n'est pas réaliste sans réduction de jauge dans de nombreux territoires où réunir un tel nombre de visiteurs implique des mobilités longue distance et carbonées.

3- Livre et patrimoine : deux secteurs encore en cours d'analyse

À ce jour, nous ne sommes pas en mesure de proposer un scénario d'évolution clair et évalué pour les secteurs du livre et du patrimoine. Ces deux secteurs seront présentés de façon plus approfondie dans nos prochains rendus tant pour des problématiques de difficulté d'accès aux données que pour des complexités sectoriels.

Pour le secteur du livre, nous constatons aujourd'hui des écarts importants dans l'appréciation des problématiques de résilience en fonction des acteurs du secteur. Les avis de l'Association pour l'écologie du livre ou ceux du Syndicat National de l'Édition (SNE) ne nous ont pas semblé converger quant aux enjeux énergétiques et climatiques du secteur.

L'interdépendance entre les acteurs du livre et les ressources naturelles a déjà amené un nombre conséquent de mesures importantes : 95 % des papiers utilisés seraient déjà issus de forêts durablement gérées selon le SNE¹⁴ [19], les labels PEFC et SFC se sont répandus, des formations existent quant à la prise en compte des enjeux écologiques dans les procédés de production tant dans l'enseignement supérieur qu'au sein de la formation continue et certains éditeurs procèdent déjà à l'étiquetage carbone d'un grand nombre de leurs ouvrages.

¹⁴ Propos recueillis auprès de la commission développement durable du SNE

Cependant, le secteur a encore de nombreux défis à relever et le manque d'accès à certaines données nous empêche encore de nous prononcer avec précision sur les transformations à opérer et les mesures à prendre. Si le pilon – avec plus de 15 % des ouvrages détruits avant même d'avoir été ouverts [20] – et le transport lié à la délocalisation d'une partie significative de la production des ouvrages nous apparaissent comme des sujets de premier plan, la difficulté d'accès aux détails de la chaîne de distribution des ouvrages ne facilite pas la rédaction de propositions concrètes et chiffrées. De par le poids des GAFAs dans cette économie, et en particulier d'Amazon, une grande partie de la logistique de distribution échappe à l'analyse. Nous lançons donc ici un appel aux professionnels connaissant les détails des pratiques de cet acteur en matière de distribution des livres.

Le secteur du patrimoine quant à lui fait partie des domaines culturels les plus directement exposés aux dérèglements climatiques. Si les effets néfastes sur le patrimoine naturel semblent assez évidents, le patrimoine culturel est lui aussi concerné par ce que les spécialistes du climat appellent « risque physique ». En effet, la hausse des températures et ses phénomènes physiques connexes (montée des eaux, érosion des sols, migration d'espèces, inondations...) accélèrent et amplifient les processus de dégradation du patrimoine. Si on y ajoute les risques énergétiques, la fréquentation touristique en France risque d'en être modifiée. Si le tourisme contribue indéniablement au réchauffement global, les touristes étrangers séjournant en France constituent à ce jour un public essentiel pour certains équipements culturels¹⁵. Malgré cette forte exposition aux risques énergétiques et climatiques, nous constatons que les futurs professionnels du patrimoine ne sont pas formés à ces enjeux. Tel est le message d'alerte envoyé par le Réseau étudiant pour un patrimoine bleu créée par des étudiantes de l'École du Louvre en 2019 [21], dénonçant un enseignement qui dissocie conservation du patrimoine et préservation de l'environnement, alors même que l'UNESCO multiplie les rapports sur la question [22].

Nous sommes récemment entrés en relation avec des professionnels du secteur pour aborder ces problématiques, tant via le Centre des Monuments Nationaux qu'au sein du Réseau des Grands Sites de France. Il apparaît certain que le secteur doit porter la transition pour de multiples raisons : de par ses relations avec de nombreux acteurs culturels (expositions, festivals et autres manifestations accueillis), pour ses enjeux de conservation qui exigent une nouvelle approche du bâti plaçant l'environnement au cœur des préoccupations aux côtés de l'historicité, que par ses liens avec les collectivités locales ou les publics régionaux. L'avantage du domaine est qu'il est particulièrement structuré entre les opérateurs centralisés, les regroupements professionnels (notamment ceux des architectes en chef, des architectes des bâtiments de France et des architectes du patrimoine ou encore le groupement des entreprises de restauration).

Cependant, nous ne sommes pas encore en mesure de proposer une analyse chiffrée et par conséquent des mesures et une stratégie de transformation. Nous souhaitons intégrer à notre prochaine publication *a minima* une évaluation carbone des activités essentielles du domaine et une liste de mesures associée à la réduction des émissions.

V- L'impact de la transformation sur l'emploi

Du point de vue de l'emploi, la culture est un secteur particulièrement précaire, avec 37 % d'actifs non salariés et 59 % des salariés qui le sont en temps partiel ou en contrat court (un montant deux fois supérieur à la moyenne nationale). L'implication de nombreux bénévoles est à la fois une force et une vulnérabilité pour le secteur. La forte mobilité interne du secteur rend difficile une évaluation quantitative précise des impacts des transformations sur l'emploi. Cependant, nous pouvons distinguer plusieurs types d'effets :

1- Les effets indirects

Nos transformations « transparentes » et « positives » vont produire des bouleversements progressifs de l'emploi dans les secteurs amonts du PTEF comme l'agriculture, le bâtiment, l'énergie, les mobilités, les transports ou l'urbanisme. Ces dernières provoqueront en effet un déversement des emplois les plus carbonés vers les alternatives les plus sobres et les plus résilientes. À titre d'exemple, un événement culturel attirant plusieurs dizaines de milliers de spectateurs sur un territoire qui transformerait

¹⁵ Deuxième site culturel fréquenté par les touristes étrangers après Disneyland Paris, le Louvre a accueilli près de 7,7 millions de visiteurs étrangers représentant les trois quarts de sa fréquentation totale (10,2 millions en 2018).

l'alimentation proposée à ces publics aurait d'importants impacts sur l'emploi agricole local : création d'emplois saisonniers dans les coopératives locales, structuration progressive d'une offre agricole plus résiliente et plus intensive en main-d'œuvre au détriment des emplois dans l'agriculture dite « conventionnelle ».

De la même manière, si l'ensemble des équipements culturels d'une région investit dans la rénovation thermique, une importante quantité d'emplois seront créés dans la rénovation du bâti et la maintenance des nouvelles installations.

Nos transformations « offensives », visant à restructurer les activités culturelles, auront des retombées complexes à évaluer. Elles pourront contribuer à une augmentation des retombées économiques locales par la réduction des distances entre les parties prenantes des manifestations culturelles et le développement d'un ancrage territorial plus fort ; mais elles réduiront les retombées économiques éloignées du territoire.

La diminution de l'ampleur de ces manifestations en termes de spectateurs déplacés pourra diminuer les retombées économiques locales notamment pour les activités dépendantes du tourisme induit par les événements culturels de taille – comme les opérateurs privés des réseaux autoroutiers, la restauration ou l'hôtellerie.

En général, ces transformations participeront d'une déconcentration des moyens et des impacts.

2- Les effets qualitatifs directs

Nos transformations « transparentes » et « positives » mèneront à des effets qualitatifs concrets : les questions énergétiques et climatiques seront intégrées aux décisions quotidiennes des acteurs culturels. Elles augmenteront donc (au moins dans un premier temps) le temps passé à évaluer les impacts des décisions de programmation, d'achats, d'investissements des acteurs du secteur. Les choix artistiques seront aussi interrogés par ce prisme et des outils d'aide à la décision seront employés par tous les corps de métier travaillant à la création.

Nos transformations offensives demanderont quant à elles un travail plus ancré dans le territoire et plus d'interactions avec les acteurs locaux (pouvoirs publics, associations, artistes...). Elles modifieront notamment les métiers de programmeurs internationaux, de tourneurs ou de diffuseurs.

Enfin, le ralentissement devrait également améliorer la qualité de vie au travail.

3- Les effets quantitatifs directs

Nos transformations transparentes et positives vont créer des emplois dans le secteur culturel dans différentes branches d'activités.

Dans l'ensemble des domaines, des postes dédiés au suivi des enjeux environnementaux seront nécessaires. Des sociétés ou associations travaillant à ces enjeux évalueront les impacts des activités culturelles et aideront les acteurs à mettre en place des plans de réduction de leurs émissions.

Dans l'éducation, ces transformations impliqueront la création de postes de formateurs aux enjeux énergétiques et climatiques appliqués au monde de la culture.

Dans la conception des œuvres, des postes dédiés à l'adaptation et à l'utilisation d'outils d'éco-conception seront nécessaires pour toute création : supplémentaires dans un premier temps, ces postes seront à terme partie intégrante des équipes et de la création. Le développement d'un réseau de ressourceries et recycleries sera nécessaire à cette éco-conception, créant ainsi des nouveaux emplois sur tout le territoire.

Nos transformations offensives produiront des effets contrastés. La réduction des distances implique également des relocalisations industrielles et manufacturières (imprimeries, matériaux de scénographie, etc.). La réduction des échelles dans l'événementiel culturel conduira à de la destruction et de la création d'emplois : destruction dans les événements de grande échelle et création au travers d'un maillage plus dense d'événements à échelle localement adaptée.

Nos mesures défensives appellent au renoncement. Si l'abandon des formats de diffusion les plus élevés en streaming n'auront pas d'impact sur l'emploi, l'abandon de technologies comme le cloud-

gaming ou la réalité virtuelle en live mèneront à des destructions à court terme mais dans le but d'éviter le développement d'inerties nouvelles ainsi que des suppressions massives d'emplois non résilients à plus long terme.

VI- La culture : un rôle doublement spécifique à jouer dans la transition

Le rôle spécifique de la culture le plus fréquemment exposé est sa capacité à proposer une autre fiction, un autre récit. Nous ne nions pas cet aspect. Les récits participent des constructions identitaires à échelle individuelle et sociétale. Et si Hugo, Méliès et Hergé nous ont envoyé sur la Lune, nous avons désormais besoin de construire l'imaginaire d'un retour sur Terre. Il faudra encourager les créatrices et créateurs à penser un autre avenir, à inventer un futur désirable malgré les contraintes. Il est certain que c'est l'un des rôles spécifiques du secteur¹⁶ [23].

Mais quelle serait la portée d'un tel imaginaire s'il nous était conté par ceux qui voudraient résister à sa mise en œuvre ? Le secteur culturel est aujourd'hui exposé à tous les risques, qu'ils soient physiques ou de transition. Comme l'a démontré la crise récente, ces risques lui imposent une réinvention qu'elle devra opérer de gré ou de force. C'est sa propre résilience qui est en jeu mais c'est aussi plus que cela.

Car la culture peut activer la transition d'autres secteurs et en premier lieu celles de l'agriculture, du bâtiment, de l'énergie, de la mobilité, du numérique et des transports. Son lien étroit et majeur avec les usages et les différents secteurs amont constitue une capacité : celle de devenir un moteur de la transition. Ce rôle lui est tout aussi spécifique que sa propension à construire nos imaginaires.

Pour ces raisons, la culture nous apparaît comme un vecteur de transition où le soutien public nous semble prioritaire.

Bibliographie

- [1] Ministère de la Culture, Chiffres clés de la culture et de la communication, Presses de Sciences Po. 2020.
- [2] « enquêtes Emploi 2015 à 2017 pour la France/Deps », Ministère de la Culture, 2019. Consulté le: juill. 13, 2020. [En ligne].
- [3] « Les achats, deuxième motif de déplacement en France ».
- [4] Le Louvre, « 9,6 millions de visiteurs au Louvre en 2019 », mars 01, 2020.
- [5] Sandvine, « The Global Internet Phenomena », Sandvine, sept. 2019. [En ligne]. Disponible sur: https://www.sandvine.com/hubfs/Sandvine_Redesign_2019/Downloads/Internet%20Phenomena/Internet%20Phenomena%20Report%20Q32019%2020190910.pdf.
- [6] M. Efoui-Hess, « L'Insoutenable usage de la vidéo en ligne », The Shift Project, Paris, juill. 2019. [En ligne]. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-01.pdf>.
- [7] « Louvre- Développement durable », 2015. <https://www.louvre.fr/developpement-durable/bilan-carbone>.

¹⁶ Sur ce point, nous avons trouvé pertinent le travail réalisé par Canal + sur l'appel à scénarios de court-métrage "On s'adapte". Cet appel à projet mettait à dispositions des créateurs des ressources de documentation sur certains enjeux écologiques et scientifiques précis. Le but était d'encourager la production de récits d'un autre futur souhaitable. Il n'y manque qu'une exigence sur une production responsable. Le lancement d'appels à projet mêlant exigence de production exemplaire et compréhension des enjeux énergie-climat devrait être soutenu par le ministère de la culture via ses différents organes régionaux.

- [8] EneRis, « Événements et environnement - les meilleures pratiques environnementales des festivals de musique », EneRis, janv. 2011. [En ligne]. Disponible sur: https://www.irma.asso.fr/IMG/pdf/Evenements_Environnement-Meilleures_pratiques_festivals_EneRis-4.pdf.
- [9] « Hellfest : 880 000 pintes de bière vendues, record battu une nouvelle fois ! », juin 27, 2019.
- [10] « L'éco-calculateur », Bon pour le Climat. <https://www.bonpourleclimat.org/leco-calculateur/>.
- [11] « Hachette Durable », Hachette Durable. <https://www.hachette-durable.fr/notre-demarche> (consulté le juill. 13, 2020).
- [12] P. Noisette, « Jérôme Bel : « Je deviens un activiste » », juin 29, 2020.
- [13] Association pour l'écologie du livre, Le livre est-il écologique ? Matières, artisans, fictions, Wildproject. France, 2020.
- [14] « Le cinéma, une industrie particulièrement polluante », Franceinfo, sept. 04, 2019.
- [15] « La réserve des Arts », La réserve des Arts. <https://www.lareservedesarts.org/> (consulté le juill. 13, 2020).
- [16] « Fédération des Récupérathèques », Fédération des Récupérathèques. <http://federation.recuperatheque.org/la-federation/> (consulté le juill. 13, 2020).
- [17] C. Vorreux, M. Berthault, et A. Renaudin, « Mobiliser l'enseignement supérieur sur le climat », The Shift Project, Paris, mars 2019. [En ligne]. Disponible sur: https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/04/Rapport_ClimatSup_TheShiftProject-2019.pdf.
- [18] « L'enseignement de la transition écologique en école d'architecture », Ensaeco. <http://ensaeco.archi.fr/>.
- [19] S. national de l'édition Commission environnement et fabrication, « Transition énergétique dans la filière livre », juin 23, 2020.
- [20] Commission environnement et fabrication, « Enquête sur les tonnages des livres transportés dans l'édition: retours, pilon et recyclage (2015-2017) », Syndicat national de l'édition, déc. 2018. [En ligne]. Disponible sur: https://www.sne.fr/app/uploads/2018/12/Enquete-Retours-Pilon-Recyclage-2018_vdef.pdf.
- [21] « Climat: après nous, pas le déluge », mars 13, 2019.
- [22] « World Heritage and Tourism in a Changing Climate », UNESCO, mai 2016. [En ligne]. Disponible sur: <https://whc.unesco.org/fr/actualites/1500/>.
- [23] « On s'adapte », on s'adapte. <https://onsadapte.fr/> (consulté le juill. 13, 2020).



DOCUMENT DE TRAVAIL

Administration publique

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette *Vision globale* – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne](#).

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution](#).

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de l'Administration publique dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

Le secteur de l'administration publique comprend :

- La fonction publique d'État (les agents des différents ministères et notamment leurs services déconcentrés ainsi que les établissements publics d'Etat) ;
- La fonction publique territoriale (les agents des régions, départements, communes et intercommunalités, ainsi que des établissements publics territoriaux) ;
- La fonction publique hospitalière (hôpitaux publics, EHPADs, établissements médico-sociaux).

Les principales interactions ont lieu avec les secteurs suivants :

- Pour la définition et le chiffrage des objectifs : transports & mobilité (les travaux publics associés sont pris en compte dans le secteur transport et mobilité, et exclus du secteur administration publique), agriculture & alimentation et bâtiments ;
- Pour assurer la cohérence aux interfaces : enseignement supérieur & recherche (à noter que l'enseignement de la primaire au lycée est traité dans l'administration publique exclusivement, alors que l'enseignement supérieur est pris en compte des deux côtés), santé (la partie publique du secteur de la santé est prise en compte des deux côtés), usages numériques, défense et sécurité intérieure (la partie publique de la défense, comme le ministère des armées, est prise en compte des deux côtés), urbanisme et forêts.

Organisation pour le PTEF de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

Le travail sur le secteur administration publique a été mené par une petite équipe dédiée, en interaction principalement avec les équipes mobilité quotidienne et agriculture-alimentation.

II- Notre point de départ

Difficulté à faire le bilan du point de départ (organisation physique, flux physiques, impacts) par manque de données :

Certaines données sont disponibles mais de manière éparse, reflétant le morcellement du secteur (en ministères, services, collectivités, établissements, etc.) Par exemple, les bilans carbone de certains services publics sont disponibles sur le site de l'ADEME par ministère, service ou établissement mais il n'existe pas de document présentant une vision globale du secteur. Ceci explique nos propositions visant à avoir une représentation générale de l'administration publique.

Description du secteur actuellement (organisation physique, flux physiques, impacts) :

Emplois :

5,7 millions de personnes au 31 décembre 2016 répartis comme suit :

- Fonction publique d'Etat : 2,4 millions (hors agents travaillant à l'étranger : ambassades et consulats)
- Fonction publique territoriale : 1,9 millions

- Fonction publique hospitalière : 1,2 millions.

Déplacements et télétravail :

- Déplacements domicile-travail : 4,8 millions de tonnes équivalent CO₂/an d'après le chiffrage du secteur mobilité quotidienne en comptant 230 jours travaillés dans l'année (250 jours ouvrés et 20 jours de congés)
- Déplacements professionnels : pas de chiffrage disponible
- Télétravail : 0,7% des agents de l'Etat et 0,1% des agents territoriaux sont en télétravail en 2013, ce qui est négligeable

⇒ Le tout pour un impact carbone de 4,8 millions de tonnes équivalent CO₂ par an.

Remarque : en plus des déplacements des agents publics, ceux des usagers des services publics mériteraient d'être chiffrés, en distinguant les usages compressibles (par exemple pouvant être numérisés) et ceux incompressibles (par exemple pour prendre en charge les usagers qui ne sauraient bénéficier du service numérique à moyen terme, ainsi que des usages spécifiques qui requièrent un contact physique). Nous n'avons pas pu explorer cette question faute de données pertinentes.

Bâtiments et foncier :

Surfaces construites en exploitation :

- Surface immobilière du parc tertiaire public : 380 millions de m², soit 37 % du parc tertiaire national, répartis de la manière suivante :
 - État et ses opérateurs : 100 millions de m²
 - Collectivités territoriales et opérateurs : 280 millions de m²
- Surface immobilière de la santé publique : 115 millions de m²

Consommation énergétique : en considérant que la consommation énergétique moyenne du parc tertiaire public est égale à la moyenne du parc tertiaire national (230 kWh/m²/an), ceci correspond à une consommation d'énergie annuelle de 84 TWh/an.

⇒ Impact carbone correspondant : l'extrapolation de la moyenne d'émissions liées à l'exploitation du parc tertiaire national (35 kgéqCO₂/m²/an) donne une valeur de 13 MtéqCO₂/an.

Nouvelles surface construites chaque année : 4,3 millions de m² (valeur qui inclut les services d'intérêt collectif) ; rythme de rénovation actuel : 2%/an

⇒ Impact carbone correspondant : un chiffrage plus précis devra être réalisé, mais on considère à ce stade que 4,3 MtéqCO₂ donne un premier ordre de grandeur (1téqCO₂/m² * 4,3 millions m²).

Restauration collective :

Nombre de repas servis par an :

- 1 280 millions dans la restauration scolaire (écoles, collèges, lycées)
- 177 millions dans les cantines des administrations publiques

Note : sans prise en compte des repas servis dans les EHPAD, par manque de données à ce stade.

⇒ Impact carbone correspondant : avec une estimation de 2,5 kgéqCO₂/repas (ADEME) en moyenne, l'empreinte carbone de la restauration collective est de 3,6 MtéqCO₂.

Réseaux d'eau, traitement des eaux usées et gestion des déchets par les collectivités :

- Eau distribuée annuellement par les réseaux : 3,9 milliards de mètres cubes
- Eau traitée annuellement dans les stations collectives de traitement des eaux usées : 3,9 milliards de mètres cube
 - ⇒ Impact carbone correspondant : avec une estimation de 132 gégCO₂/m³ distribué et 262 gégCO₂/m³ traité (ADEME), l'empreinte carbone des réseaux d'eau est de 1,3 MtégCO₂/an.
- Déchets gérés annuellement par les collectivités :
 - Déchets ménagers et assimilés : 38,1 Mt
 - Déchets des collectivités : 3,8 Mt
 - ⇒ Impact carbone correspondant : avec une estimation de 18 kgégCO₂/t collectée et 18 kgégCO₂/t traité (ADEME), l'empreinte carbone de la gestion des déchets par les collectivités est de 1,5 MtégCO₂/an.

Les émissions dues au devenir des déchets (et boues d'épuration) dépendent du mode de traitement et de valorisation et du type de déchet. Le bilan GES ne rend que très mal compte de leur impact sur l'environnement, notamment en termes de biodiversité.

Les autres achats (consommables et biens intermédiaires comme les fournitures de bureau, services usuels comme ceux de consultants) sont dans notre périmètre car l'administration en tant qu'acheteur a des leviers d'action, mais nous n'avons pas pu les explorer faute de cartographie satisfaisante.

Grands enjeux physiques, de résilience, d'accompagnement de la transformation et environnementaux :

L'administration publique a **un enjeu physique de taille : délivrer des services essentiels** (eau, santé, impôts, gestion des déchets, etc.) aux 67 millions de Français, et ce sur l'ensemble du territoire.

En termes de résilience, l'administration publique est, comme tous les autres secteurs, dépendante de ses fournisseurs. Le développement des services publics numériques et du télétravail, s'il peut contribuer à réduire les émissions de GES, rendent également l'administration fragile quant à l'alimentation électrique et la sécurisation de ces plateformes. Les services essentiels tels que la gestion des déchets et le traitement de l'eau sont aussi fortement dépendants de l'alimentation en pétrole. En cas de crise sanitaire ou climatique (surtout si elles sont combinées), l'administration publique est doublement touchée : alors même qu'elle doit assurer plus de services à la population, elle voit son fonctionnement interne perturbé. Le dimensionnement de ces différents enjeux nécessite des données plus précises et un travail de prospective.

L'administration, en ce qu'elle représente 20% de l'emploi en France, est un acteur phare de la transition énergétique et environnementale. Elle l'est d'autant plus que la prérogative dont elle dispose, à savoir édicter des règles pour les autres secteurs, la place dans une position d'exemplarité et de catalyseur de la transformation. La formation de ses agents publics (voire de ses usagers comme les écoliers) et son expertise sur ces sujets sont autant de leviers pour accompagner la transition en France.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Trois axes de transformation ont été retenus dans le cadre de l'étude. Ces axes ont pour ambition de contribuer à l'économie française tout en effectuant les transformations nécessaires à sa décarbonation et à sa résilience à long terme. Ils visent à améliorer les services publics rendus par l'administration, avec une attention particulière à la justice sociale, inévitable au regard des contestations de la situation actuelle (hôpital, retraites, gilets jaunes) :

1- Décarboner les infrastructures, les biens et les services

Justification de cet axe : l'administration publique a un devoir d'exemplarité en ce qui concerne le climat et l'énergie. Elle remplira d'autant mieux son rôle en matière de pilotage de la transition que son organisation sera cohérente avec les mesures prises pour le reste des secteurs. La commande publique, qui représente plus de 100 Mds d'euros par an, est un levier très efficace pour engager la relance économique et la transition énergétique.

Cet axe se décline en plusieurs catégories :

- **Réalisation de bilans carbone et énergétiques transversaux de l'administration publique** (restauration collective, bâtiments, déplacements, achats, etc.) : ceux-ci seront agrégés à un niveau global, afin de donner une image de la consommation énergétique et empreinte carbone du secteur.
- **Achats et services publics** : inclusion de critères carbone dans les achats publics, afin d'encourager des biens avec une faible empreinte carbone. Nous avons en particulier examiné la restauration collective publique (administration, écoles et universités, hôpitaux), ainsi que la gestion publique de l'eau et des déchets.
- **Bâtiments** : rénovation massive du parc tertiaire public, mesures de sobriété pour diminuer les besoins en chauffage/climatisation et exemplarité du nouveau bâti d'une part, mobilisation de la capacité du foncier public à contribuer à l'absorption du CO₂ et à la protection de la biodiversité d'autre part.
- **Mobilité et organisation du travail** : accroissement du télétravail et des visioconférences, remplacement des déplacements en avion sur le territoire national par le train, mise en place du forfait vélo pour tous, adaptation des infrastructures et des locaux aux mobilités actives, remplacement des flottes de véhicules thermiques par de l'électrique à faible consommation, soutien au covoiturage.

2- Renforcer la résilience de l'administration publique

L'administration publique a la charge de gérer les situations de crise. Il est donc essentiel que ses activités essentielles (secours à la population, etc.) soient résilientes, en particulier car l'administration publique n'est pas exempte de fragilités : alimentation électrique et sécurisation des plateformes numériques, dépendance liée au pétrole et à ses fournisseurs.

Sept leviers permettent de rendre le secteur moins vulnérable aux chocs extérieurs et le faire contribuer à la résilience nationale :

- Réduire sa **dépendance à l'approvisionnement en énergies fossiles** ;
- Assurer sa **résilience aux événements météorologiques extrêmes** ;
- Relocaliser les **circuits d'approvisionnement** en denrées alimentaires et en biens de consommation de l'administration ;

- Faciliter l'**accès aux services publics** pour les usagers, et surtout les plus vulnérables, par une réduction des distances et une meilleure connexion en mobilité active et transport en commun ;
- Distinguer les **sections vitales** (défense, sécurité intérieure, santé, etc.) et renforcer les exercices de crise pour vérifier l'efficacité des plans de résilience et réorganiser l'administration en conséquence ;
- Renforcer la **souveraineté** des outils numériques de l'administration ;
- Adopter une approche d'**économie circulaire** dans les services publics (notamment eau et déchets).

3-Réorganiser le secteur et ses ressources humaines pour faire face aux nouveaux défis

Justification de cet axe : les agents publics doivent être capables d'appréhender les enjeux écologiques afin d'accompagner au mieux la transition par des politiques publiques adaptées (organisation, régulation, etc.). Par ailleurs, l'administration publique doit être organisée de manière à pouvoir assurer au mieux son rôle en matière de services publics, qu'ils soient matériels (déchets, transports, réseau d'eau, etc.) ou administratifs (finances publiques, justice, etc.) dans un contexte de menaces environnementales et matérielles.

Parmi les leviers qui permettent une meilleure prise en compte de ces nouveaux défis, nous proposons :

- La **formation** de tous les agents publics aux enjeux climatiques, à travers la formation initiale et continue ;
- Une meilleure prise en compte interministérielle de ces **enjeux long terme**, avec par exemple la création d'un portefeuille « Climat et résilience » dans chaque cabinet ministériel dont le porteur soit en charge de recenser les risques, élaborer des plans d'atténuation et d'adaptation et porte un œil critique sur les propositions du ministère ;
- Une réflexion sur l'**organisation territoriale et la localisation des emplois** de l'administration publique, afin de garantir la qualité des services tout en minimisant la distance aux usagers et les déplacements des agents, et ceci en cohérence avec les objectifs urbanistiques et d'aménagement du territoire de notre plan. En particulier, cela peut impliquer une mutualisation de bâtiments dans certaines zones afin d'y proposer des services publics itinérants, et ce sans avoir à construire de nouvelles surfaces. Des agents polyvalents pourraient être affectés à ces services itinérants, qui accompagneraient les usagers en particulier pour l'aide au numérique ;
- Le développement d'**exercices de prospective** climat et résilience afin de renforcer la capacité de planification publique, dans une optique d'atténuation et d'adaptation ;
- Le renforcement des **ressources humaines spécialisées (notamment scientifiques)** au plus proche des centres de décision. Certaines évolutions institutionnelles visant à favoriser la prise en compte de ces enjeux à long terme seront étudiées.

IV- L'administration publique après transformation

Description physique du secteur après transformation :

Emplois :

- Similaire en nombre, mais avec des modifications qualitatives et notamment une réorientation vers des fonctions scientifiques (informatique, experts dédiés à la décarbonation, à l'adaptation au changement climatique et à la résilience, etc.) (*note : ceci est indépendant de l'évolution par ailleurs des politiques publiques, puisque notre travail ne concerne que l'administration publique en tant qu'organisation*).
- Tous les agents publics sont formés aux enjeux climat.
- Il y a un portefeuille climat dans chaque ministère avec un référent associé.

Déplacements et télétravail :

- Les déplacements sont raccourcis et décarbonés autant que possible (marche, vélo, transports publics).
- Les fonctionnaires et les usagers privilégient l'usage numérique aux déplacements.

Bâtiments et foncier :

- Les bâtiments sont plus économes en énergie et matière, et utilisent des énergies moins carbonées et des matériaux biosourcés.
- Les utilisateurs y adoptent des comportements plus sobres (réévaluation des températures de consigne et adaptation du code vestimentaire en conséquence).
- Les bâtiments sont mutualisés, donc une moindre surface est nécessaire pour le même service rendu.

Restauration collective :

- L'alimentation est plus végétale, issue d'une agriculture plus locale et moins intensive, et les gaspillages sont réduits.

Réseaux d'eau, traitement des eaux usées et gestion des déchets par les collectivités :

- La consommation d'eau par habitant diminue grâce à un meilleur rendement des réseaux d'eau. Les sources énergétiques des services de l'eau sont décarbonées et les boues d'épuration valorisées.
- Concernant les déchets ménagers et des collectivités, la collecte sélective est plus efficace, les centres de tri plus performants, le compostage développé, les tournées de collecte sont optimisées, les véhicules utilisés sont plus propres, le captage biogaz dans les installations de stockage est systématique. Les propositions des autres secteurs mèneront aussi à un monde plus sobre en matière, donc à une diminution en volume des déchets.

Les impacts énergie-climat du secteur après transformation :

Déplacements et télétravail :

Baisse de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre :

- En considérant que l'amélioration du secteur de la mobilité profite à tous les agents publics (0,25 kg éqCO₂ par jour travaillé et par personne), les émissions de GES liées à la mobilité quotidienne domicile-travail s'élèvent à 328 000 tonnes d'équivalent CO₂ par an (toujours avec 230 jours travaillés).
- En considérant de surcroît que les personnes sur les emplois télétravaillables passent en télétravail pour 50 % du temps (ce qui revient à 0,15 kg éqCO₂ par jour et par personne en moyenne pour ces agents), alors les émissions de GES s'élèvent pour l'ensemble des 5,7 millions d'agents publics à 252 000 tonnes d'équivalent CO₂ par an (pour 230 jours travaillés).
- L'approximation des emplois télétravaillables, qui pourra être affinée, a été réalisée comme suit :
 - Ont été considérés télétravaillables l'ensemble des emplois de la fonction publique territoriale ainsi que la fonction publique d'Etat hors ministères de l'intérieur et de l'outre-mer, de l'éducation nationale et de la défense : soit 2,8 millions de personnes avec 0,15 kg éqCO₂ par jour travaillé et par personne en moyenne ;
 - Ont été considérés non-télétravaillables l'ensemble de la fonction publique hospitalière ainsi que, pour la fonction publique d'Etat, les ministères de l'intérieur et de l'outre-mer, de l'éducation nationale et de la défense : soit 2,7 millions de personnes à 0,25 kg éqCO₂ par jour travaillé et par personne en moyenne.

Bâtiments et foncier :

- Diminution des émissions de GES d'environ 1 MtéqCO₂/an (15-20% des émissions GES dues à l'exploitation en 2 ans, puis de 6-8% par an principalement par la rénovation, mais aussi grâce à des changements de comportements et d'organisation).

Note : ce chiffrage est à reboucler avec les secteurs bâtiments tertiaires et aménagement du territoire.

Restauration collective :

- Avec des objectifs plus volontaristes pour la restauration collective que la moyenne française, cohérents avec le devoir d'exemplarité de l'État, on vise un impact de 700 géqCO₂/repas en moyenne, l'empreinte carbone sera de 1 MtéqCO₂ soit un gain de 2,6 MtéqCO₂/an.

Réseaux d'eau, traitement des eaux usées et gestion des déchets par les collectivités :

- Concernant l'eau, les objectifs sont qualitatifs, mais on s'attend à une moindre consommation d'eau par habitant, ainsi qu'une intensité carbone moindre. Concernant les déchets, il en est de même. L'impact carbone sera moindre. L'impact sur la biodiversité de ces deux services sera lui aussi réduit.

Description de l'emploi du secteur après transformation :

- Si l'emploi global dans l'administration publique n'apparaît pas à première vue particulièrement touché par le plan, ce sont plutôt les fonctions qui évolueront car il s'agit de rendre les mêmes services de manière différente.
- De nouveaux métiers apparaîtront par exemple dans le pilotage de la transformation de l'économie (informatique pour le numérique, bilan carbone, experts dédiés, etc.).
- Avec l'inclusion d'un critère carbone dans les marchés publics, selon la localisation des entreprises répondant à l'appel d'offres (nationales ou étrangères), la balance commerciale et les emplois nationaux sont susceptibles d'évoluer dans un sens ou dans l'autre. Nous étudierons la pertinence des règles européennes encadrant les marchés publics au vu des objectifs de décarbonation et de transformation de l'économie.

Résilience du secteur après transformation :

- La résilience de l'administration publique aux risques climatiques et énergétiques est plus forte après transformation qu'avant : formation des agents publics à la transition, réorganisation des ressources humaines pour intégrer plus d'experts et de scientifiques proches des centres de décision, anticipation des risques climatiques et énergétiques à travers la réduction de la consommation énergétique des bâtiments, la réduction des déplacements et le télétravail. Ces dernières mesures renforcent également la résilience du secteur aux risques sanitaires, mais elles rendent l'administration plus dépendante du numérique.
- La résilience du secteur aux ruptures d'approvisionnement est renforcée avec la mutualisation des achats et l'inclusion d'un critère carbone qui permettrait de relocaliser les biens consommés.
- Enfin, le risque de rupture d'approvisionnement en pétrole est diminué par la réduction des déplacements des agents et l'attractivité renforcée des transports en commun et des mobilités actives, bien que les services publics essentiels alimentés en énergie fossile (déchets, etc.) restent fragiles.

V- Le potentiel de décarbonation par la technologie et/ou l'évolution des comportements et de l'organisation

Les secteurs dont dépend l'administration publique :

L'administration publique dépend des tous les secteurs amont et usages identifiés dans le PTEF :

- En tant que consommateur : mobilité, logement, alimentation, consommation de biens, numérique
- En tant que fournisseur : alimentation, mobilité, logement (un peu), numérique
- En tant que puissance publique édictant des règles : mobilité, logement, alimentation, consommation de biens, numérique

Les leviers technologiques, et les leviers « comportement/organisation » proposés par ces secteurs, et qui concernent l'administration publique :

- L'usage du numérique à la fois en organisation interne (télétravail ou visioconférences) et dans les services publics numériques (applications, plateformes, etc.) permet de réduire les déplacements des agents comme des usagers.
- La consommation de biens et l'alimentation ont la possibilité d'être gérées de manière plus respectueuse de l'environnement : critère carbone des marchés publics, économie circulaire, circuits courts.
- Les leviers de la mobilité et du logement permettent de repenser les déplacements : en rapprochant le travail du domicile, et en privilégiant les modes de transport peu carbonés.

Les leviers technologiques, et les leviers « comportement/organisation » spécifiques aux secteurs services ou à l'administration publique :

- Comportementaux : mutualisation des bâtiments, moindre utilisation et mutualisation des transports, sobriété dans les usages bâtiments, tri des déchets, compostage, moindre consommation d'eau
- Organisationnels : formation, bilans carbonés et reporting, gestion de crise, portefeuille climat dans les ministères, experts divers.
- Techniques : ceux qui découlent des autres secteurs (bâtiment, transport, énergie) : compostage, phytoépuration, méthanisation et boues d'épuration.

Peu de leviers spécifiques paraissent finalement pertinents pour ce secteur. La plupart ont été évoqués dans ceux liés aux autres secteurs.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Industrie

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur Industrie lourde, manufacturière et déchets dans le PTEF

1- Périmètre

Le secteur industrie lourde dans le plan de transformation regroupe les filières extractives, de première transformation et manufacturière. Elle comprend toutes les chaînes de production du territoire et tend à avoir une vision d'ensemble des chaînes de valeur dont sont issus les biens consommés et utilisés en France.

L'industrie lourde est considérée comme la partie la plus amont de nos activités, puisqu'elle établit le lien entre nos secteurs économiques et les ressources non-énergétiques leur étant directement ou indirectement nécessaires. Cette partie du système de production est traitée notamment au travers de trois secteurs principaux :

- L'acier (l'un des flux dimensionnant dans le travail de rebouclage),
- Le ciment (l'un des flux dimensionnant dans le travail de rebouclage et objet d'un travail plus approfondi sur la filière elle-même),
- La chimie (l'un des flux dimensionnant dans le travail de rebouclage et objet d'un travail plus approfondi sur la filière elle-même).

L'industrie manufacturière est considérée comme l'interface entre les flux de matières de l'industrie lourde et les autres secteurs de l'économie. L'ambition étant de construire une vision générale sur cet ensemble de filières multiple et hétérogène, les questions liées aux biens sont traitées au travers de deux grands axes :

- **La filière de production de batteries**, dont l'exemple permet de comprendre comment les besoins des secteurs de l'économie en transformation appellent de nouveaux impératifs de production pour l'industrie.
- **La structuration des filières de recyclage et de réemploi**, au travers desquelles apparaissent les principales questions à soulever pour construire une véritable stratégie de gestion de nos biens.

Le présent document rassemble les directions de transformation générales ayant été construite à ce stade. Il a vocation à donner la vision d'ensemble qui se dessine pour l'appareil productif français une fois devenu résilient, en soulignant les considérations systémiques qui y sont attenantes. Trois documents complémentaires ont été également produits :

- **Filière Ciment** – un travail complémentaire est mené sur la filière de l'industrie lourde cimentière, afin d'en faire apparaître les axes de décarbonation principaux, ainsi que les alternatives de sobriété à réfléchir notamment en lien avec les transformations portées dans le secteur du bâtiment.
- **Filière Chimie** – un travail complémentaire est mené sur la filière de l'industrie lourde chimique, afin d'en faire apparaître les axes de décarbonation principaux, ainsi que les alternatives de sobriété à réfléchir notamment en lien avec les transformations portées dans le secteur du recyclage et du réemploi.
- **Filière Batterie** – un travail complémentaire est mené sur la filière de production de batteries, afin d'illustrer les axes.

Les conclusions ici présentées ne sont donc pas exhaustives et n'épuisent en rien les sujets essentiels liés à la transformation de notre système industriel, mais elles dressent les directions principales à explorer, les limites des leviers technologiques, les interactions avec les transformations des autres secteurs et la méthodologie à adopter pour être en mesure de dimensionner les filières de production qui permettent la résilience des autres secteurs.

2- Interactions avec les autres secteurs

L'industrie se doit de remplir deux missions au sein du PTEF :

- **Permettre la transformation** : l'appareil productif doit être en mesure de produire les biens nécessaires à tous les autres secteurs de l'économie, dont les services, les usages et les infrastructures ont été transformés pour devenir résilients.
- **Assurer sa propre résilience** : les chaînes de valeur de l'industrie doivent être rendues intrinsèquement résilientes. L'industrie se doit de comprendre quelles sont les vulnérabilités de ses activités, comment les amoindrir ou les contourner, notamment en se rendant capable de produire les biens nécessaires tout en diminuant ses émissions propres.

3- Organisation des travaux

Le groupe de travail « Industrie lourde, manufacturière, recyclage et déchets », auquel s'ajoute le travail sur les batteries, a été piloté par Baptiste Andrieu, Mathilde Lavelle, Eric Bergé, Maxime Efou-Hess et Denis Gasquet.

Les conclusions ici présentées s'appuient sur un important travail de bibliographie et de croisement de bases de données (produites par les associations professionnelles françaises et internationales ainsi que par la sphère académique) complété par une série d'audition d'acteurs des secteurs traités, afin d'y inclure une première critique opérationnelle.

Afin de gérer le degré très important d'interaction avec les autres secteurs du PTEF, plusieurs séries d'auditions et d'échanges ont été menées, afin de construire une cohérence globale entre systèmes de production et secteurs économiques reposant sur les biens produits.

II- Notre point de départ : le système productif français

L'industrie en France représente 13,3% des emplois (INSEE 2020), 20 % des émissions annuelles de GES (I4CE 2020, CITEPA 2019) et sa valeur ajoutée brute représente 12% du PIB du territoire français (INSEE 2020).

Les gaz à effet de serre émis par le secteur de l'industrie sont pour 77% du CO₂, pour 20% des HFCs et les 3% restants sont du N₂O et autres gaz (CITEPA 2019), pour un total de 95,4 MtCO₂eq.

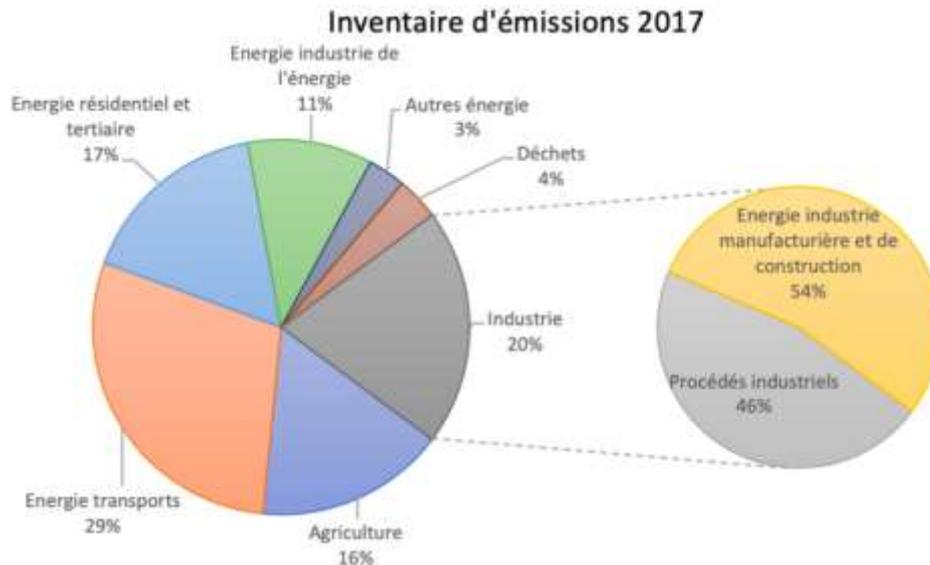


Figure 1- Répartition sectorielle des émissions sur le territoire Français (I4CE 2020, CITEPA 2019)

Note : Afin de ne pas représenter d'émissions négatives, les émissions dues à l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (-31,9 Mt CO₂eq) n'ont pas été représentées sur ce schéma, les émissions annuelles de la France hors utilisation des terres étant de 464,6 Mt CO₂eq.

Ces émissions viennent pour 46% des procédés eux-mêmes et pour 54% de la combustion de carburants pour produire de l'énergie. Ces consommations d'énergie et émissions de procédés peuvent être regroupées en une dizaine de secteurs (figure 2, figure 3).

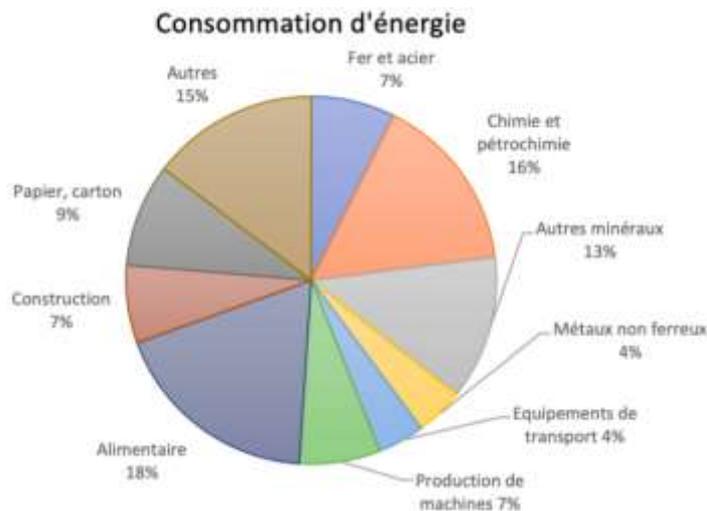


Figure 2- Répartition sectorielle de la consommation d'énergie de l'industrie (Eurostat 2019, CITEPA 2019)

Note : le total de consommation d'énergie est de 26,5 Mtep, correspondant à 51,4 Mt CO₂eq.

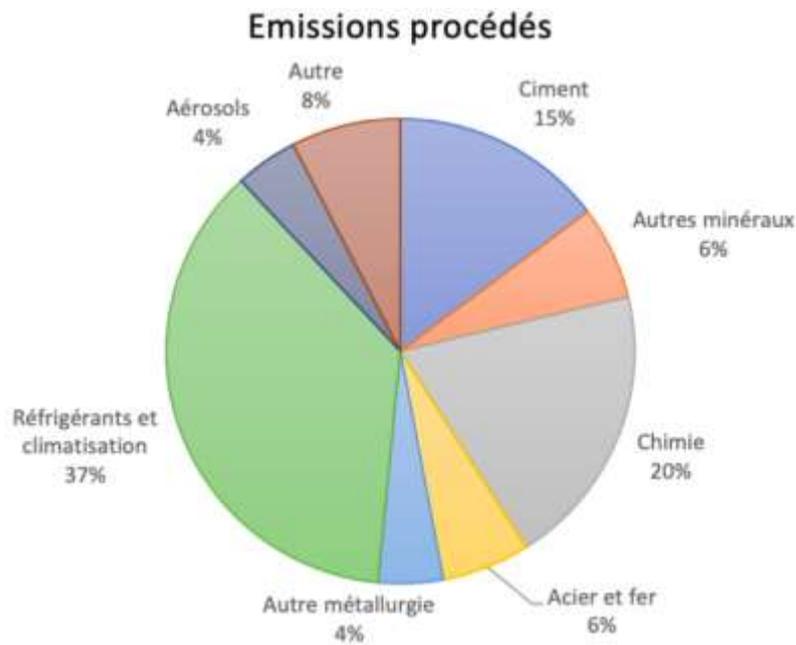


Figure 3- Répartition sectorielle des émissions dues aux procédés industriels (CITEPA 2019)

Note : le total est de 43,9 Mt CO₂eq

L'importance des infrastructures et des intrants physiques supportant les activités industrielles en fait un secteur dont les vulnérabilités face aux risques physiques sont plurielles et conséquentes. L'appareil productif étant la colonne matérielle de l'intégralité de notre économie, il est indispensable d'en assurer la résilience de manière concrète et stratégique.

Les acteurs industriels sont familiers de la gestion des risques associés à leurs infrastructures et intrants. Ainsi les propositions de ce plan de relance visent-elles à s'appuyer sur cette capacité de réflexion et d'organisation stratégiques, dans le but de construire une résilience nationale.

Ses vulnérabilités face aux risques physiques sont plurielles, conséquentes et internationales (99% des minerais métalliques, 100% du minerai de fer et 53% de l'acier consommé en France en 2017 ont été importés (0017)).

III- Le chemin proposé par le PTEF, une vision de long terme

La vision long terme que nous dressons pour l'industrie après transformation n'est pas encore déterminée de manière opérationnelle et précise, mais s'organise autour de trois grandes directions :

- Une industrie qui connaît ses réalités et flux physiques,
- Une industrie manufacturière qui permet la production des biens toujours nécessaires aux autres secteurs,
- Une industrie lourde ayant déployé ses solutions technologiques afin de réduire autant que possible ses émissions incompressibles, et ayant diminué ses volumes de production de manière à répondre aux demandes essentielles des autres secteurs sans sortir des trajectoires impératives de décarbonation.

Comme annoncé dans le chantier d'urgence publié le 6 mai dernier, l'industrie transformée sera en mesure de **cartographier ses dépendances aux flux de matières**, de comprendre comment son activité leur est liée et de lister les points de vulnérabilité qui en découlent (en termes de risques sur l'approvisionnement, de vulnérabilité face à une nécessité de diminuer les émissions et la dépendance énergétique). L'exercice consiste en une activité de « rebouclage », qui consiste à synthétiser les

demandes en matières des autres secteurs de l'économie afin de comprendre les charges de production qui sont imposées par les transformations des secteurs. Les travaux permettront ensuite de traduire ces demandes en points de vigilance pour l'industrie, une fois replacées dans les flux nationaux et leurs origines géographiques.

L'industrie lourde sera une industrie dont la décarbonation aura été construite en rendant économiquement viable les leviers technologiques étant déjà aujourd'hui à un état de maturité suffisant (procédés de production du ciment, développement de l'acier recyclé, CCUS¹ etc.) et en diminuant les volumes de production. Elle sera en mesure de répondre aux besoins de l'économie transformée tout en limitant ses volumes de manière à ce qu'ils n'engendrent pas des émissions qui soient supérieures aux seuils imposés. Limiter les volumes de biens de première transformation issus de l'industrie lourde (acier, ciment, chimie etc.) se structure de concert avec des changements de méthodes de production dans les secteurs aval, par exemple dans les normes de construction en ciment, par des changements de normes de production de biens comme les voitures rendues plus légères, mais également par des changements organisationnels en aval sur les biens de grande consommation comme les emballages (dont les volumes doivent être réduits et le recyclage développé). Les leviers technologiques permettront de compenser les émissions incompressibles du secteur industriel, c'est-à-dire les émissions dues aux procédés physiques de production, qui sont inévitables pour une production donnée.

Les limites physiques des leviers technologiques, dont le CCUS, permettront de dimensionner l'effort de sobriété à effectuer. Dit autrement, les émissions qui ne pourront être évitées grâce aux leviers technologiques purs impliqueront une diminution des volumes de production qui les engendrent. L'industrie de notre économie transformée aura ainsi arbitré les productions à préserver au vu des limites physiques qui s'imposent, tout en permettant aux autres secteurs d'assurer leurs fonctions essentielles.

À ce stade d'avancement, nous avons pu :

- Lister les enjeux de décarbonation principaux de deux filières lourdes de manière détaillée : la filière Ciment et la filière Chimie (voir fiches dédiées). Pour chacune d'entre elles, nous avons pu identifier les leviers technologiques aujourd'hui suffisamment matures pour être déployés dans les dix ans à venir sous certaines conditions. Leurs limites physiques et organisationnelles nous ont permis d'évaluer leur potentiel de réduction des émissions d'ici 2025 et d'ainsi mesurer l'amplitude à donner aux mesures de sobriété pour respecter les impératifs de réduction de 20 % des émissions du secteur en 5 ans.
- Effectuer une première cartographie des interactions essentielles entre les secteurs de l'économie et les flux de matières de l'industrie lourde. Nous avons pu identifier les interactions essentielles entre les leviers de sobriété des secteurs et les productions de l'industrie lourde (comme évoqué dans les paragraphes précédents, par exemple, le lien entre la réduction des volumes de ciment et l'évolution des normes et rythme de construction). La cartographie n'est à ce stade pas complète, les besoins des autres secteurs doivent encore être déterminés de manière exhaustive et définitive.
- Identifier la question de la sécurité d'approvisionnement des intrants nécessaires à la transition comme cruciale. L'exercice de rebouclage sur les matières (voir partie dédiée dans cette fiche) permettra de quantifier les besoins en matières des secteurs économiques, et une étude de la diversité des sources d'approvisionnement sera menée pour mesurer la résilience des chaînes d'approvisionnement.

1- Une industrie de première transformation résiliente

Les cycles d'investissement et de déploiement des leviers technologiques et organisationnels dans l'industrie lourde ne permettent pas de se placer sur la bonne trajectoire dans les années à venir (les détails de ces analyses sont disponibles pour les filières chimie et ciment, dans leurs fiches dédiées). C'est ce constat, additionné à celui des limites physiques des mesures technologiques elles-mêmes, qui implique la mise en place de leviers de sobriété, qui sont des changements de pratiques dans les

¹ *Carbon Capture Utilisation and Storage*, Capture, utilisation et stockage du carbone

secteurs aval (par exemple, la limitation de la construction neuve et le recours au bois dans le secteur du bâtiment).

La filière ciment (détails disponibles au sein de la fiche dédiée)

- Les leviers technologiques pour la filière ciment concernent la décarbonation des procédés de production : pour la production du clinker et notamment diminution du contenu carbone du mix des combustibles, pour la production du ciment notamment en réduisant la part de clinker nécessaire, déploiement des solutions CCUS.
- La stratégie pour assurer l'effort de sobriété nécessaire à atteindre le bon ordre de grandeur de diminution des émissions devra être élaborée en collaboration avec les secteurs du bâtiment : il s'agit de substituer le ciment par d'autres matériaux dont notamment le bois (le référentiel Energie-Carbone (E+ C-) peut catalyser le développement de l'écoconception), favoriser la rénovation tout en baissant la construction neuve et mettre en place une modification des normes de construction.

La filière chimie

- Les leviers technologiques pour la filière chimie quant à la décarbonation des procédés de production lui permettent des diminutions d'émissions non-négligeables : diminution du contenu carbone du mix de combustibles, leviers sur les intrants et feedstocks, déploiement des solutions CCUS etc.
- La stratégie pour assurer l'effort de sobriété nécessaire à atteindre le bon ordre de grandeur de diminution des émissions devra être élaborée en collaboration avec les secteurs de l'agriculture et du recyclage : les diminutions de volumes de production de la filière chimie sont rendus possibles par une agriculture moins dépendantes des engrais de synthèse (et donc de la chimie minérale qui les produit) ainsi que par une politique de diminution des volumes d'emballages produits et non-recyclés.
- Ces interactions avec l'agriculture et la filière recyclage ne sont à ce stade pas quantifiées, bien que les directions qualitatives aient été construites de concert.

La filière acier

- Le principal levier technologique déployé dans le PTEF pour la filière acier repose sur le développement de la filière électrique. Basée sur le recyclage de l'acier (fours à arc électrique), elle permet de produire un acier dont les émissions directes sont inférieures à celles de l'acier de hauts fourneaux (The Shift Project, 2017). Le développement de la filière de recyclage de l'acier en France permet non seulement de diminuer les émissions de procédés mais également la dépendance de la filière aux importations, l'acier recyclé sur le territoire devenant un gisement exploité.

C'est grâce à un effort industriel fort et piloté que le déploiement de la filière électrique devient possible : collecte intensive de l'acier recyclé et gestion de la charge supplémentaire créée sur le système électrique français ne sont possibles qu'au travers d'une stratégie impliquant les différents acteurs concernés.

- La stratégie pour assurer l'effort de sobriété nécessaire à atteindre le bon ordre de grandeur de diminution des émissions devra être élaborée en collaboration avec les secteurs notamment de la mobilité : la conception d'une voiture individuelle sobre, notamment, tend à faire diminuer la demande en acier.

D'autres secteurs utilisant l'acier, comme le bâtiment, participent à dimensionner la demande. Le travail d'évaluation de la demande venant de ces secteurs a été entamé dans l'exercice de rebouclage sur les matières (voir partie dédiée dans cette fiche).

2- Une production manufacturière cohérente avec la transition

L'industrie manufacturière est plurielle et interconnectée non seulement avec les systèmes extérieurs (elle permet de produire les biens utilisés dans tous les secteurs de l'économie) mais aussi en son propre sein (les biens produits dans une première filière manufacturière interviennent dans la production et

chaînes de valeur des autres filières). Dimensionner une industrie manufacturière qui soit résiliente, donc, c'est :

- D'une part comprendre comment elle répond aux nouvelles exigences des secteurs après transformation,
- D'autre part être capable de replacer ses activités dans le cadre des contraintes appliquées à l'appareil industriel, notamment lourd.

L'industrie manufacturière décrite par notre Plan est l'interface entre l'industrie lourde et les autres secteurs économiques. C'est-à-dire qu'elle permet de produire les voitures, les vélos, les batteries, les infrastructures, les smartphones etc. qui seront ensuite utilisés pour par exemple construire la mobilité du futur résilient, des usages sobres ou encore des systèmes énergétiques compatibles avec les impératifs de transition.

- La partie « Focus batterie » disponible en annexe de la présente fiche met en œuvre, afin de l'illustrer et à titre d'exemple, la méthodologie que nous avons construite pour traduire les demandes des secteurs de l'économie en besoins de production, afin à terme d'établir une cartographie des flux de matières concernés, de leurs évolutions au cours de la transformation et des points de vigilance à avoir pour parvenir à réaliser la transformation complète de l'économie.

Pour respecter les impératifs de limites sur les flux physiques, il sera nécessaire de limiter les volumes de production de certains biens. C'est ce qu'appelleront certains leviers de sobriété. Diminuer les volumes de biens produits tout en continuant d'assurer les services nécessaires passe par des réflexions sur les usages prioritaires et sur les biens nécessaires dans les autres secteurs économiques (voiture plus sobres, écoconception des biens, durabilité des biens de grande consommation etc.). A usages constant, diminuer les volumes de biens produits passe par l'allongement de la durée de vie des biens et des matériaux. Deux solutions, pour cela : le recyclage et le réemploi. Il s'agit donc de maximiser la durée de vie des biens produits et de développer les filières permettant d'exploiter les gisements de matières que représentent les biens en fin de vie.

Il est bien entendu nécessaire de compléter ces deux grands axes de politique industrielle avec des impératifs de conception, afin de dimensionner de la manière la plus sobre possible les biens que nous produisons.

- **Augmenter la durée de vie des biens (réemploi, réutilisation)** est le premier axe d'amélioration à développer pour la gestion de nos biens. Augmenter les capacités de nos filières de réparation et reconditionnement (pour 326 Mt de déchets en France en 2017 et 2,5 Mt de biens ménagers collectés, seuls 40 % de biens sont réemployés ou réutilisés (ADEME, 2019)) permet de diminuer notre dépendance aux intrants en matières premières (énergétiques et non-énergétiques), en limitant le nombre de biens produits et en favorisant la production de pièces détachées par exemple. Cela ne peut se faire qu'en rendant économiquement rentable et compétitif les activités de réparation, qui souffrent aujourd'hui du déséquilibre du prix de la main d'œuvre face au prix de l'énergie et des ressources consommées (qui permet de produire puis d'importer des biens sur de longues distances pour des coûts moins importants qu'une production locale). Rendre compétitif la réparation permettra ainsi de développer des filières à forte valeur ajoutée en terme de main d'œuvre, tout en diminuant les impacts matériels (émissions carbonées, consommation d'énergie et de ressources) de nos biens et équipements.
- **Développer notre filière de recyclage**, c'est augmenter la capacité de notre industrie à exploiter les gisements de matières que représentent nos déchets. C'est le second axe d'amélioration à développer pour la gestion de nos biens.

Aujourd'hui, 15 % des intrants français en matières premières transformées proviennent du recyclage (ADEME, 2019). Or, comme évoqué pour les filières acier (filière électrique) et chimie (emballages), la mise en place d'infrastructures de recyclage performantes permet de diminuer les impacts des filières auxquelles elles sont liées.

- Structurer une véritable filière de l'« après-première vie »
 - Dans la vision long terme du PTEF, les deux axes, réutilisation et recyclage, se développent et se structurent au sein d'une véritable filière de l'après-première vie.

Créer une filière cohérente, c'est mettre fin à la concurrence d'acteurs dont l'objectif commun est de diminuer notre dépendance aux flux de matières extérieures. Créer une interaction pilotée entre ces acteurs, c'est nous rendre capable de structurer une véritable stratégie cohérente de gestion de nos biens et de nos déchets.

- Les deux filières sont aujourd'hui asymétriques et en concurrence : la filière recyclage est une filière structurée et forte d'infrastructures logistiques d'échelle industrielle, contrairement à la filière de réutilisation qui repose sur des structures généralement moins importantes (en 2017, il existe en France 6700 entreprises pour le secteur du réemploi et 34 000 ETP dont 85 % relèvent de l'ESS (ADEME, 2019)). C'est ce constat qui justifie de construire une politique industrielle claire qui permettra de dimensionner et structurer une véritable « filière de l'après-première vie » à la hauteur des enjeux de sobriété. Cette filière s'appuie sur les infrastructures logistiques et la puissance industrielle des filières de recyclage aujourd'hui déjà déployée sur le territoire, tout en y associant la galaxie déjà présente de gisements d'activités liés au réemploi (d'emploi, d'implantations locales et territoriales, de savoir-faire, d'apports sociaux et sociétaux indirects etc.).
- Piloter de la filière est indispensable pour en assurer la cohérence et le succès : il est indispensables de comprendre comment choisir l'importance donnée à nos différentes alternatives (réemploi, réparation, recyclage) selon les objectifs de toutes les filières concernées, en amont (vers l'industrie lourde) comme en aval (vers l'industrie manufacturière) Pour illustration : la nécessité de réduire les emballages plastiques pour permettre aux filières lourdes pétrochimiques de se placer sur la bonne trajectoire de réduction des émissions ne peut se faire sans poser les questions liées à la place des emballages verre et des mécanismes de consigne. Or aujourd'hui, les acteurs de l'industrie lourde, du recyclage et du réemploi n'ont pas la possibilité de s'organiser selon une trajectoire qui prendrait en considération leurs différentes trajectoires et leviers afin de les agencer, de la manière la plus efficace pour l'économie nationale.
- Cette filière doit être intégrée dans une stratégie industrielle nationale claire et quantifiée, qui permet d'ensuite laisser les échelons territorial et local assurer sa traduction en dynamiques opérationnelles pertinentes (collecte des déchets et des biens, infrastructures logistiques liées aux consignes, réseaux de réparation, formations professionnelles etc.). Les emplois générés sont de très nombreux types, puisqu'ils balayent le spectre professionnel allant de la réalisation opérationnelle (réparation, reconditionnement, collecte, nettoyages et réemplois etc.) à la structuration de filière (structuration d'investissements, développement de modèles économiques, innovation de procédés, structurations logistiques, construction d'infrastructures, pilotages stratégiques etc.).
- À ce stade d'avancement, nous avons pu :
 - Effectuer une première cartographie des filières, des typologies d'acteurs les structurant.
 - Identifier la nécessité d'évaluer et quantifier les investissements nécessaires au développement et à la structuration d'une filière complète et cohérente. Evaluation que nous n'avons pas réalisée à ce stade.
 - Identifier l'utilité de cartographier les flux de déchets du territoire, afin de comprendre comment les orientations choisies sur la gestion de nos volumes de déchets pourra influencer sur les activités des autres secteurs (disponibilité en déchets pour valorisation énergétique, diminution de la demande en production de biens pour les secteurs manufacturiers etc.), ce de la manière la plus quantitative possible.

IV- Rebouclage sur les consommation de matières premières

1- Nécessité d'un rebouclage

Le secteur de l'industrie doit non seulement réussir sa propre transition mais également rendre possible la transition des autres secteurs. Il faut en particulier pouvoir produire les matières premières nécessaires aux différents secteurs. Il existe un lien bijectif entre production de matières premières et consommation d'énergie. Le risque est donc que la transition crée un pic de demande en matières premières et par conséquent un pic des émissions de CO₂ au moment précis où ces émissions devraient diminuer drastiquement.

Il convient alors d'anticiper ces besoins et de vérifier qu'il y a une cohérence entre les trajectoires des différents secteurs et les impératifs de décarbonation de l'industrie. La contrainte de sobriété étant incompatible avec une augmentation des consommations de matières premières, des questions d'usages concurrentiels apparaissent. Des arbitrages seront alors nécessaires pour trouver les meilleurs compromis. Le chantier de « Rebouclage matières » du PTEF a précisément pour ambition d'identifier ces usages concurrentiels.

Des auditions des principaux secteurs consommateurs de matières premières ont été effectuées : énergie, industrie automobile, mobilité quotidienne, mobilité longue distance, bâtiment individuel, bâtiment collectif, bâtiment tertiaire, agriculture, forêt, frêt et industrie du numérique. L'objectif est d'étudier les flux dimensionnant de matières à partir de l'évolution prévue des usages de ces secteurs (nombre de voitures, nombre de nouveaux m² construits, nombre de m² rénovés, etc.) et des intensités matières (quantité d'acier par véhicule, quantité de ciment par surface construite, etc.).

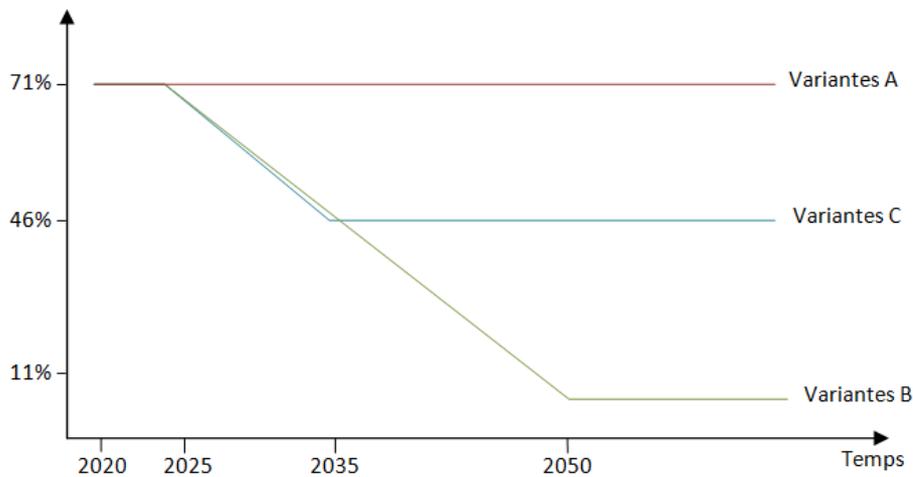
Trois rebouclages ont pu être effectués : énergie, bâtiment résidentiel et moyens de transport. Les autres secteurs seront étudiés par la suite afin d'obtenir une vision systémique des différentes utilisations de matières premières et des usages concurrentiels identifiés.

2- Rebouclage énergie

a. Points méthodologiques

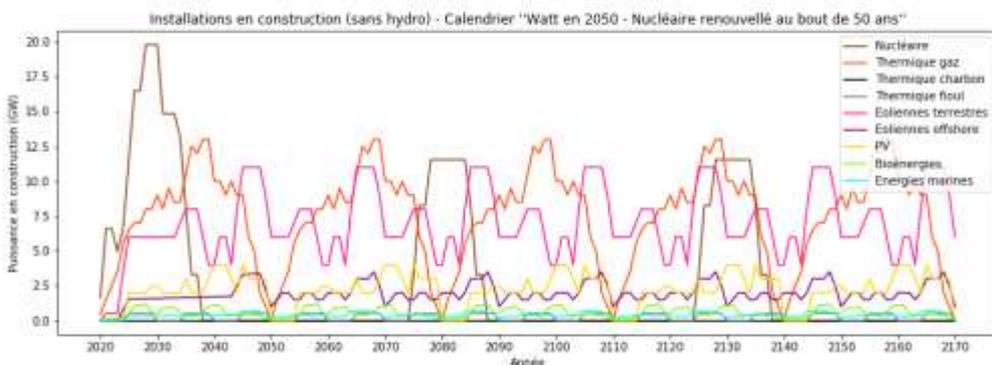
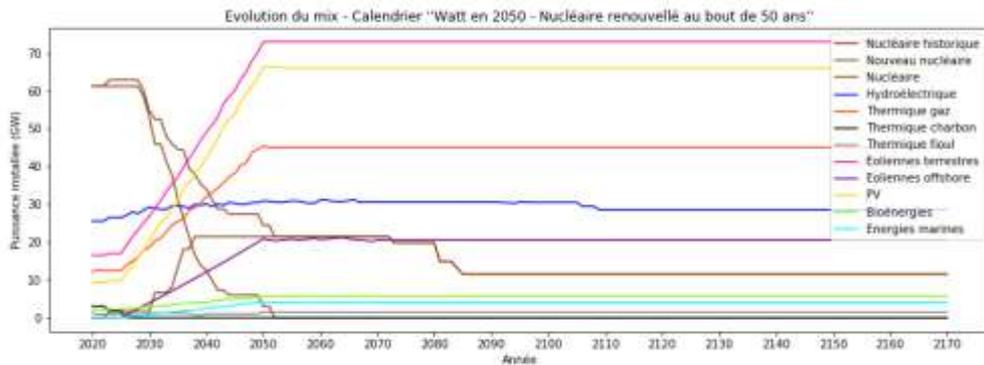
- Le secteur de l'énergie a établi plusieurs variantes d'évolution de mix d'ici 2050 et post-2050.
- Ces variantes d'évolution n'ont à ce stade qu'un seul but : non pas de proposer un mix plutôt qu'un autre comme une meilleure option technologique, mais d'évaluer les consommations en matériaux que requiert l'évolution du système électrique pour la construction des installations de production.
- L'objectif consiste à établir des bilans matières du système électrique, et constater si c'est dimensionnant ou non par rapport à la demande globale de ces matériaux (les matériaux évalués sont le béton, l'acier et le fer, l'aluminium, et le cuivre). Ceci à plusieurs titres : en régime établi en fin de transition (après 2050, sous une forme modélisée de régime établi), et pendant la transition elle-même (2020-2050). En plus d'évaluer le caractère dimensionnant ou non pour un mix donné, de façon absolue, on pourra aussi comparer des mix entre eux, de façon relative.
- La méthodologie, les hypothèses et les limites de cet exercice sont explicitées en annexes.
- Il y a trois classes de variantes : classe A, où le mix reste similaire au mix actuel avec une part de nucléaire équivalente, le charbon en moins (mix « AcSansCharbon ») ; classe B, où le nucléaire descend aux alentours de 10% en 2050, avec pour mix 2050 un mix basé sur le mix « Watt » du Bilan prévisionnel 2017 de RTE ; classe C, où le nucléaire baisse à 46% en 2035 avec un mix basé sur le mix « Ampère » du Bilan prévisionnel 2017 de RTE, puis reste identique ensuite. Les classes sont ensuite modulées par la durée de fonctionnement du nucléaire : A.1 = classe A, durée 40 ans ; A.2 = classe A, durée 50 ans ; A.3 = classe A, durée 60 ans (le principe est le même pour les classes B et C).

Part du nucléaire dans le mix

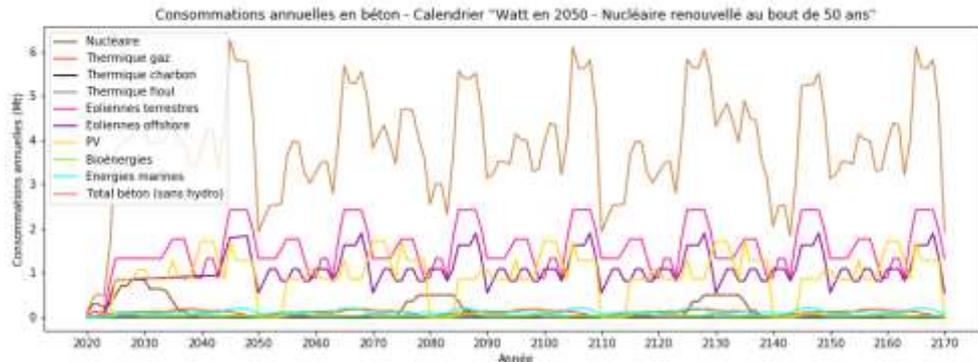


b. Résultats

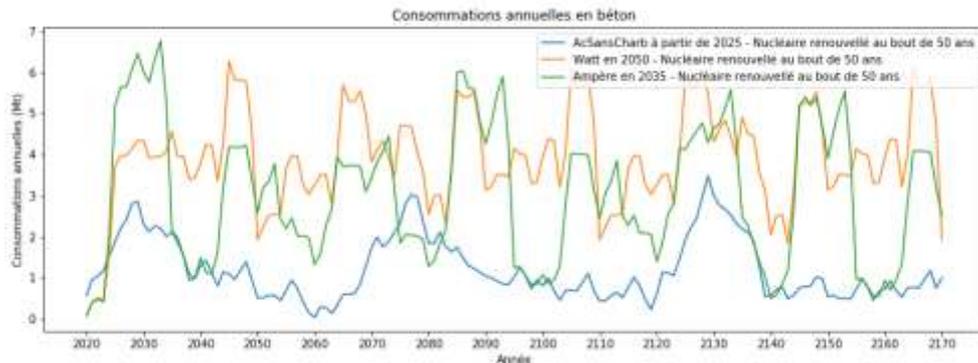
- Dans les résultats sur les demandes matières, nous ne prenons volontairement pas en compte l'hydraulique. En effet, nous n'avons pas de données sur la façon dont se fait l'entretien des capacités existantes, certainement beaucoup moins intensif en matières que lors la construction. Cela ne pose pas beaucoup de problèmes, pour les comparaisons du moins, car les capacités hydrauliques étant aujourd'hui plus ou moins saturées, il ne peut pas y avoir sensiblement plus de constructions dans une variante que dans une autre.
- Pour illustrer le principe, voici l'évolution du mix dans la variante B.2, et l'évolution en conséquence des installations en construction :



- On constate le caractère cyclique des constructions : la charge de construction n'est pas bien répartie dans le temps et entraîne des hauts et des bas.
- Pour illustrer également le propos, voici à quoi ressemble les consommations en béton pour cette même variante (B.2) (la ligne la plus haute représente les besoins totaux, les autres lignes sont les besoins par filière) :



- On peut enfin comparer des variantes entre elles, pour une matière donnée, ici par exemple pour le béton :



Régime établi, consommations moyennes

- Ci-après, les consommations moyennes annuelles en régime établi (agrégées, hors hydraulique) :

Classe de variantes	Renouvellement nucléaire	Demande moyenne annuelle sur un cycle			
		Béton (Mt)	Acier et fer (Mt)	Aluminium (Mt)	Cuivre (Mt)
AcSansCharb	40 ans (A.1)	1,375	0,298	0,012	0,008
	50 ans (A.2)	1,224	0,278	0,012	0,008
	60 ans (A.3)	1,124	0,265	0,012	0,008
Watt	40 ans (B.1)	3,964	1,046	0,069	0,035
	50 ans (B.2)	3,942	1,044	0,069	0,035
	60 ans (B.3)	3,927	1,042	0,069	0,035
Ampère	40 ans (C.1)	3,123	0,752	0,047	0,025
	50 ans (C.2)	3,025	0,739	0,047	0,024
	60 ans (C.3)	2,960	0,731	0,047	0,024

- Pour évaluer l'importance de ces consommations et comprendre quelles recommandations de planification peuvent être extraites de ces résultats, il sera nécessaire de les mettre en regard des consommations globales en matières premières de l'économie nationale. C'est en replaçant ces résultats dans le travail de cartographie des flux de matières, évoqué plus tôt dans cette fiche, que l'exercice permettra de formuler des constats quantifiés sur les directions à prendre ou non pour la transformation.

Pics de consommation (en transition et en régime établi)

- Les pics pendant la transition sont du même ordre de grandeur que ceux que l'on peut avoir ensuite en régime établi (les années avec les consommations maximales), quelle que soit la variante. Ils sont même inférieurs dans le cas des variantes de la classe A, ce qui est normal car le mix reste identique tandis que la demande augmente légèrement.
- Les pics font parfois un peu plus du double de la consommation moyenne en régime établi. Ceci est dû au fait que tel qu'actuellement modélisé, les installations sont souvent renouvelées de manière très concentrées dans le temps pour une filière, au lieu de bien répartir sur la durée. L'importance des pics au regard des consommations annuelles de la société pour les matériaux étudiés soulève donc l'importance de bien répartir les constructions dans le temps pour que la consommation instantanée soit toujours au voisinage de la consommation moyenne et limite la pression sur les besoins en matériaux. (L'apparition de pics de construction est problématique pour les consommations matières, mais également d'un point de vue industriel, car cela représente alors pour les filières des périodes de pertes de compétences, et des besoins en emplois instables.) Cette répartition dans le temps appelle donc à une planification à l'avance des constructions.
- Tout comme pour les consommations moyennes, les pics sont plus importants pour les variantes avec beaucoup d'ENR et peu de nucléaire.
- Les consommations sont plus étalées dans le cas des variantes B, puis C, puis A : car plus il y a d'ENR, plus le renouvellement est fréquent, les durées de fonctionnement étant plus courtes que pour le nucléaire ; mais cela est aussi dû au fait que le nucléaire n'est pas bien étalé dans le temps dans ce modèle.

3- Rebouclage bâtiment résidentiel

- En partant de l'évolution de la construction neuve et de la rénovation, le secteur bâtiment individuel a pu conclure sur les besoins en matières premières entre 2019 et 2050 avec un pic au plus fort de la transition. Ces résultats sont regroupés dans le tableau 1 ci-dessous.

	2019	2050	PIC
	kt/an	kt/an	kt/an
Béton	50157	11456	48164
dont ciment	6076	1393	5835
Métaux	1008	272	1015
dont acier	947	248	936
Verre	134	73	211
Plastiques	430	186	554
Laines minérales	123	180	506
Isolants Biosourcés	40,6	254,3	460,2
Bois	1153,7	258,3	1499,7
Plâtre et enduits	1819,4	526,5	1934,7
Terre cuite et céramiques	3512	530	3302

Tableau 1 – Besoins en matériaux bâtiment résidentiel (source : secteur bâtiment du PTEF)

- La quantité de ciment utilisé passe de 6076 kt/an en 2019 à 1393 kt/an en 2050 avec un pic inférieur à la consommation de 2019. Cela signifie que la consommation de ciment peut décroître dès aujourd’hui pour ce secteur avec un objectif de baisse de 77% en 30 ans. La consommation de ciment du secteur du logement représente 33% de la consommation totale (18,6 Mt en 2018, SFIC 2019). La transition de ce secteur permet donc de réduire de 23% la consommation totale de ciment.
- La quantité d’acier utilisé est elle réduite de 74% entre 2019 et 2050. La consommation d’acier en France en 2017 était de 28560 kt (worldsteel 2018) donc la quantité utilisée pour les bâtiments résidentiels ne représente que 3% du total.
- Les rebouclages pour les bâtiments tertiaires et les travaux publics n’ont pas encore été effectués mais une démarche similaire sera menée.

4- Rebouclage transport

- Pour le secteur du transport, un calcul des besoins en matières premières a pu être effectué et les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	2019	2050
Acier	2426 kt	1669 kt
Cuivre	45 kt	93 kt
Aluminium	393 kt	383 kt
Autres métaux	349 kt	333 kt
Verre	130 kt	89 kt
Plastique	737 kt	505 kt

- La quantité d’acier consommé annuellement pour produire les véhicules devrait donc diminuer de 31% selon la trajectoire du plan.

5- Bilan

- L’approche utilisée est une approche « bottom-up » : partir des infrastructures pour arriver aux consommations totales de matériaux. Pour s’assurer du bon fonctionnement de cette méthode pour prédire les besoins en 2050, il conviendra de comparer les résultats avec une approche « top-down » actuelle, en utilisant les grands secteurs de consommation des matériaux. Il s’agira également de prendre en compte les importations et exportations de matières premières et de produits finis pour s’assurer de la cohérence des calculs
- Les résultats des rebouclages préliminaires sur l’énergie, le bâtiment résidentiel et le transport posent le premier jalon d’un travail de rebouclage de plus grande ampleur qui aura lieu dans la suite de l’élaboration du plan.

V- Potentiels des leviers technologiques

- Chiffrage, odg - Ciment : les leviers de décarbonation du ciment sont maintenant bien connus et permettraient selon Cembureau (Cembureau 2020) de réduire les émissions de CO₂ par tonne de ciment de 2,6%/an entre 2017 et 2020.
- Systémique, choix : d'ici à 2025, ce taux de décarbonation ne semble pas réaliste au vu de l'inertie du secteur et le besoin de nouvelles normes concernant le ciment et le béton. *The Shift Project* estime que le gain grâce aux leviers techniques à court terme ne serait que de 0,8%/an tant que les conditions (normes, coûts carbone) ne seront pas réunies pour accélérer le développement du potentiel total de ces leviers.

CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage) - Séquestration géologique du dioxyde de carbone :

- Chiffrage, odg :
 - Investissements de l'ordre de 1 G€ pour une installation d'une capacité de capture de 1 MtCO₂e/an actuellement.
 - Capacité aujourd'hui installée dans le monde : 37,1 MtCO₂/an (GCCSI 2019)
- Systémique, choix : le CCUS est mûr techniquement mais très intense en capitaux et avec des incertitudes sur les capacités de stockage. Trois questions se posent:
 - 1) le financement: sans taxe carbone le financement à l'échelle industrielle sera difficile
 - 2) problème d'organisation de l'offre (pratique: où sont les zones de stockages, ou juridique: qui a la responsabilité du stockage et des fuites éventuelles)
 - 3) quelles sont les priorités si les capacités de stockage sont limitées

Sobriété :

- Les leviers technologiques et organisationnels permettant de diminuer les émissions des procédés et chaînes de valeurs à volumes de production de biens équivalents ne suffisent pas à atteindre un niveau de diminution des émissions qui soit suffisant pour répondre aux impératifs de résilience carbone. L'économie rendue possible par notre Plan est ainsi construite à l'aide de leviers de sobriété dans les usages, c'est-à-dire de manières de consommer qui permettent de diminuer les volumes de production tout en préservant les usages et services essentiels.
- Chiffrage, odg ciment : *The Shift Project* estime que les efforts en sobriété pour le secteur du ciment doivent être de l'ordre de 2,7%/an sur la période 2020-2025, pour un total de 14% (cf. focus ciment)

ANNEXE 1 – Un focus de l'industrie lourde : filière ciment

1- Le secteur Industrie lourde - filière ciment dans le PTEF

- Le secteur Ciment est la clef de voûte d'une filière « béton » beaucoup plus large.
- **La filière béton, ce sont 10 milliards d'Euros de chiffre d'affaires, 2600 entreprises et 40000 emplois directs (SNBPE 2016, SFIC 2019, ECOCEM 2019, UNPG 2011)**
- L'aval du ciment est le béton sous deux formes principales :
 - Prêt l'emploi (BPE) : 36M de m3 (circa 80MT) (SNBPE 2016)
 - Préfabrication (béton industriel) : 20 MT (SFIC 2016)
- Cette filière béton consomme également environ 40% des 400MT de granulats produits en France.
- **Avec 16,5 MT produites en 2018 (2,2 milliards de CA)**, la production de ciment concentre à elle seule la quasi-totalité des émissions de CO₂ de cette « filière béton ». Avec des importations de 2,8MT et des exports de 0,9MT, la **consommation 2018 est de 18,5MT (SFIC 2019)**.
- Le secteur Ciment strict est très concentré : 4 acteurs principaux sont des firmes internationales regroupées 'instance de représentation : SFIC, syndicat français de l'industrie cimentière).
- Le secteur Ciment est impacté par les deux activités principales :
 - Bâtiment : 62% (neuf et rénovation)
 - Le TP (travaux publics) pour 38%.

2- Notre point de départ

- La production du ciment a deux grands types d'intrants :
 - La matière première venant de carrières : calcaire et argile
 - L'énergie sous deux formes principales :
 - des combustibles pour la cuisson (1450°) du clinker : environ 3900 MJ/t de clinker, très stable depuis 10 ans (GNR 2020)
 - l'électricité pour la préparation du cru et le broyage du clinker et des ajouts
- Les émissions de CO₂ de la production du ciment sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Indicateur	Chiffre	Unité
Intensité carbone du clinker	823	kg CO ₂ / t clinker
Intensité carbone du ciment	633	kg CO ₂ / t ciment
Production de clinker	11 410 101	t clinker
Production de ciment	14 949 566	t ciment
Total émissions CO ₂	9 784 332	t CO ₂

Tableau 1 - Données françaises de production de ciment (GNR 2020)

- **Ces 9,8 Mt CO₂ représentent 3% des émissions de CO₂ françaises** (2,3% du total de gaz à effet de serre) (CITEPA 2019). Pour connaître l'impact total, il faudrait aussi prendre en compte l'extraction des matières premières ainsi que l'électricité utilisée dans les cimenteries, ce qui augmenterait un peu ce bilan.

- Les émissions des importations (2MT/an) ne sont pas comptées dans ces chiffres.
- La profession communique sur les émissions nettes : ce sont les émissions brutes diminuées des émissions de combustibles alternatifs qui sont de deux sortes : des déchets et de la biomasse. Cette dernière (passée de 9% en 2000 à 20% des combustibles en 2017) sera comptée dans les leviers de réduction de CO₂ par *The Shift Project*.
- Avec 613kg de CO₂/tonne de ciment, la France est très proche de la moyenne de l'Union Européenne (637 kg selon les données GNR).

3- Estimation du potentiel de décarbonation des leviers technologiques d'ici 5 ans

- Au total, en France le secteur s'est décarboné de 45% depuis 1990 et de 27% depuis 2010 (GNR 2020), essentiellement par la baisse de la demande de ciment due à la forte baisse de l'activité de construction (bâtiment et Travaux Publics) en particulier après la crise de 2008 : de 24MT consommées en 2008 à 18,4MT en 2018 (-23%)
- Par contre, la baisse des émissions par tonne de ciment produite est bien plus modeste et en ralentissement depuis 2010
 - Depuis 1990 : -2,3% par an en net mais -1% par an en brut
 - **Depuis 2010 : -1% par an en net mais -0,6% par an en brut**
- L'amélioration des combustibles a été le gros facteur de progrès (GNR 2020) :
 - l'intensité carbone du fuel mix (CO₂/MJ) est passée de 93 en 1990 à 83 en 2010 puis 72 en 2017
 - Mais pas de progrès notables en GJ/t : 3900 (vs 3,100 au Japon), fait déjà constaté dans bien d'autres publications.
 - L'amélioration du ratio clinker/ciment a été très faible depuis 2010 : le marché consomme toujours à 80% du CEM I et II, les ciments "classiques" les plus intensifs en carbone.
- L'industrie cimentière est guidée par la mise en place à compter de 2021 des nouveaux quotas de l'EU ETS (marché européen des quotas d'émission). Si la plupart des cimentiers ont eu un effet d'aubaine les années passées, en raison d'un excès de quotas par rapport à la demande du marché (suite à la crise de 2008), la plupart des acteurs France sont plutôt acheteurs nets et que le nouveau système de la phase IV de l'EU ETS entraîne une baisse de 2,2%/an des quotas gratuits.
- Les leviers d'actions sont maintenant bien connus, et se retrouvent dans toutes les publications (IAE, Cembureau, les rapports de sociétés cotées etc.)
- L'industrie européenne en général et les acteurs industriels individuellement se reconnaissent dans les travaux et publications de Cembureau.
- La nouvelle feuille de route de Cembureau (mai 2020) affiche une forte ambition pour ses membres :
 - À 2030 : un gain de -2,6%/an, ce qui constitue une accélération énorme par rapport à la tendance des 7 dernières années (-0,6%/an)
 - À 2050 : la poursuite de la même tendance de -2,6%/an à laquelle pourrait s'ajouter le levier du CCUS (carbone capture Storage and usage) qui pourrait effacer les derniers 280Kg de CO₂/t.
- **Les leviers d'action sont tous techniques**, soit interne à la filière, soit en amont (tri de matières premières recyclées) soit en aval (redesign du mix béton voire redesign du bâtiment pour consommer moins de béton) et ils touchent 5 niveaux (voir détail annexe)

- Le clinker
- Le ciment
- Le béton (concrete) : évolution du mix design
- La construction : évolutions de l'usage du béton dans la construction
- Le CCUS (carbon capture usage and storage) : techniquement faisable mais nécessiterait un coût du CO2 bien plus élevé pour justifier les investissements (par prévu avant 2030).
- **À volume constant, la baisse prévue par Cembureau (2,6%/an) ne permet pas de tenir le -3,7%/an nécessaire pour assurer l'objectif de réduction des émissions de -20% entre 2017 et 2025 fixé dans le cadre du PTEF:**
 - **Il manque structurellement 1%/an pour tenir la trajectoire.**
- Par ailleurs, notre évaluation est qu'entre 2017 et 2025, les émissions à la tonne de ciment ne baisseront pas de plus de 1%/an et contre 2,6%/an affiché par Cembureau.
- L'accélération sur les leviers classiques permettent en effet maintenir le -0,6%/an et un effort en France supérieur à Cembureau sur le combustible biomasse (50% au lieu de 30% dans la progression) pourrait permettre de tendre vers -0,8%/an au global, à condition que cette ressource soit suffisamment disponible (point qui fera l'objet d'un bouclage ultérieur dans le cadre du PTEF).
- Pour les autres leviers, au potentiel de -1,6%/an, un travail sur les normes ciment et béton est en cours mais faute de décision rapide et compte tenu des délais probables de mise en œuvre (dans un secteur de la construction au cycle lent), l'impact à 2025 sera très faible.
 - Le plus probable est que ces leviers commenceront à agir à partir de 2025.
 - Il faut donc 1,6%/an d'économies carbone supplémentaires d'ici 2025 pour être sur la trajectoire Cembureau.
- **À volume de ciment constant (vs 2017), l'effort de sobriété qui serait alors à fournir serait de l'ordre de 2,7%/an soit un effort cumulé de 14% sur la période 2020-2025.**

4- Quels leviers pour décarboner plus vite et se mettre sur la bonne trajectoire ?

- A court terme, seule une accélération radicale des normes ciment et béton débouchant opérationnellement dès 2021 pourrait changer la donne pour limiter le besoin de sobriété à 1%/an.
 - Il faudra une action politique extrêmement forte et urgente sur les normes
- **A défaut, les -2,7%/an manquants ne pourront être réalisés que par une forme sobriété :**
 - Substitution : le béton remplacé par un matériau alternatif comme le bois pour certains usages. Cela peut se produire avec l'arrivée du référentiel E+C- qui marque une étape majeure dans l'écoconception des bâtiments (voir fiche secteur bâtiment). Une telle évolution dépendra des modalités de mise en œuvre. Vu les délais d'adaptation de la filière construction, il est peu probable que cela ait un impact significatif d'ici 2025.
 - **Sobriété : comment baisser la construction neuve et favoriser la rénovation : cf. fiches secteurs logement et urbanisme**
 - NB1. à volume de travaux (Euros) équivalent, on utilise 3 à 4 fois moins de ciment en rénovation qu'en neuf.

- NB2. Plusieurs facteurs dont la faiblesse de la construction neuve au Royaume-Uni (malgré une population équivalente) permettent à ce pays d'afficher une consommation de ciment de moins de 150 Kg par habitant, contre 238 Kg en France.

5- La filière ciment après transformation

- Le ciment (4500 emplois directs) ne représente que 10% des emplois de la filière : la fabrication du béton (sans même compter les granulats) est très riche en emploi locaux et non délocalisables. La préfabrication est encore plus riche que le BPE, car elle remplace une partie de la main d'œuvre sur chantiers.
- La situation de l'emploi dans la filière est globalement la suivante :

2018	Ciment	BPE	Prefa	Granulat BPE	Total
CA (milliards €)	2,0	4,2	2,5	1,52	10
Million tonnes	16,5		20	150	
m3		40,1	8		
Emplois direct	4 500	13 800	18 000	6 000	42 300
Emploi /MT	273		900		
Emploi /m3		344		<i>le béton utilise</i>	
emploi /M€ CA	2,3	3,3	7,2	<i>40% des granulats</i>	

Tableau 2 – Emplois dans la filière ciment-béton

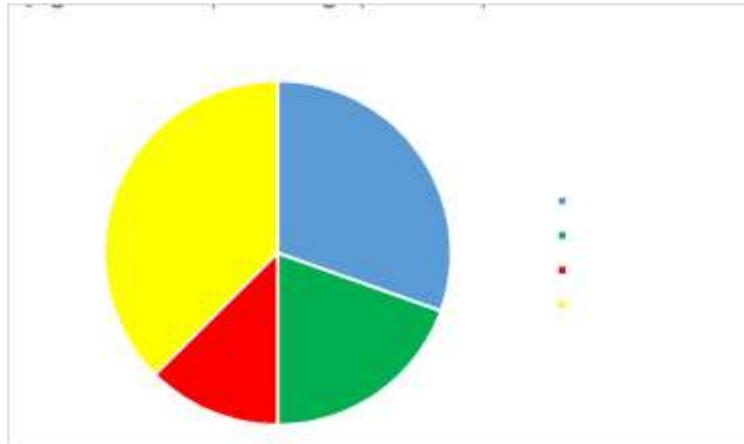
Sources : Ciment - SFIC 2019 ; BPE - SNBPE 2016 ; Préfabriqué - FIB 2020 ; Granulat BPE – UNPG 2011

- La première menace pour le ciment lui-même est le risque de délocalisation (en particulier du clinker) : au-delà de l'emploi, c'est une vulnérabilité stratégique majeure pour la France. Les cimentiers réclament une protection aux frontières de l'UE pour éviter les "fuites carbonées", sujet depuis longtemps en débat à Bruxelles.

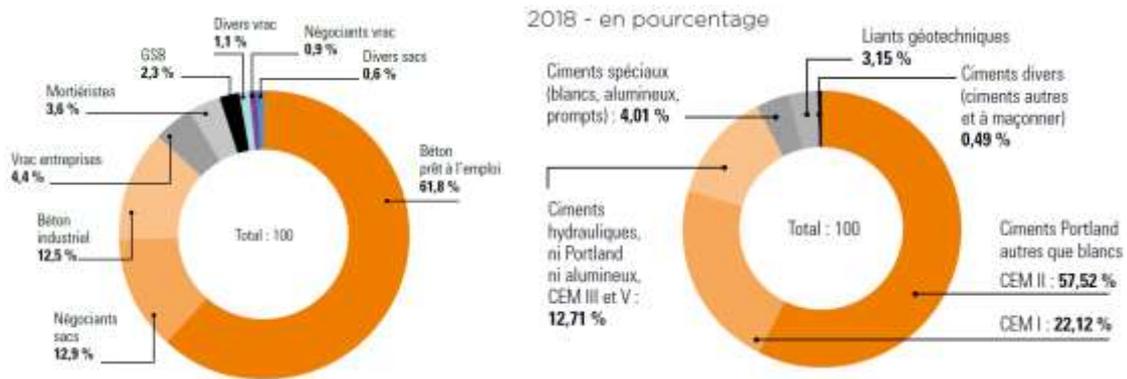
Cette demande de protection est logique. Se pose la question de ses contreparties pour l'industrie européenne du ciment : suppression des quotas ETS gratuit pour faire monter les prix du ciment et encourager les investissements ?

- La décarbonation limitée aux leviers techniques (ciment et mix béton) ne sera pas coûteuse en emploi : elle devrait avoir un impact limité dans le secteur du ciment (si l'on évite les fuites carbone aux frontières de l'UE), et n'affectera pas le BPE et la préfabrication, très riches en emploi.
- Une décarbonation par substitution (ex : remplacement d'une partie du béton par d'autres matériaux comme le bois), il faudra regarder le bilan net.
- En revanche, la décarbonation par la sobriété serait destructrice d'emplois dans le secteur. La sensibilité « emploi » du secteur peut être facilement illustrée à l'aune de la crise de 2008 (voir « Eléments complémentaires »).
 - La sensibilité emploi de l'aval (BPE/Préfa) est plus grande que celle du ciment lui-même.
 - Une estimation grossière donne un coefficient multiplicateur d'emploi pour la filière autour de 0,7.
 - Un effort de sobriété de l'ordre de 14% (pour retrouver la trajectoire -20% à 2025) pourrait ainsi se solder par une perte brute d'emploi de 10% soit environ 4 000 emplois directs.

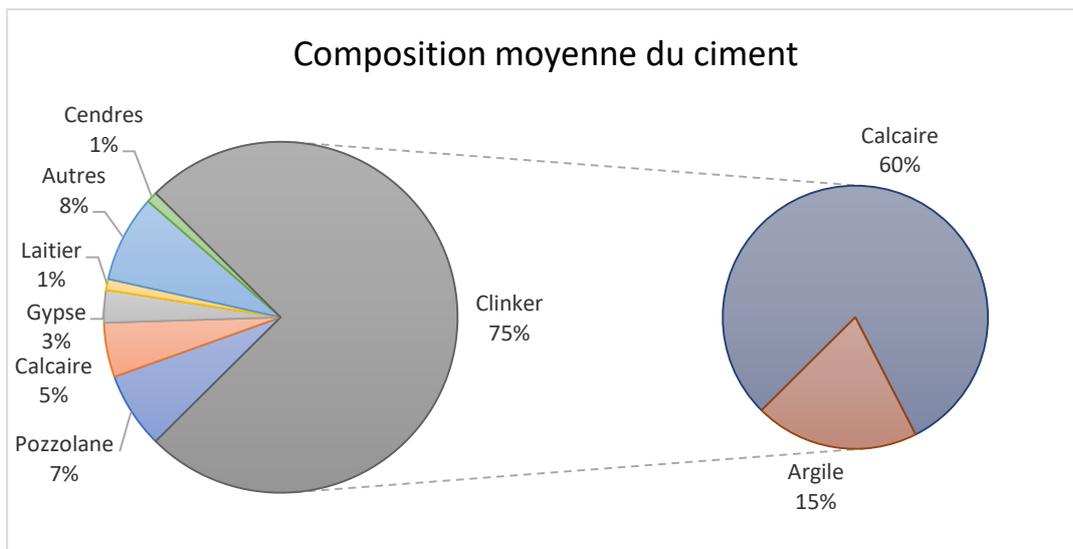
6- Eléments complémentaires sur le ciment



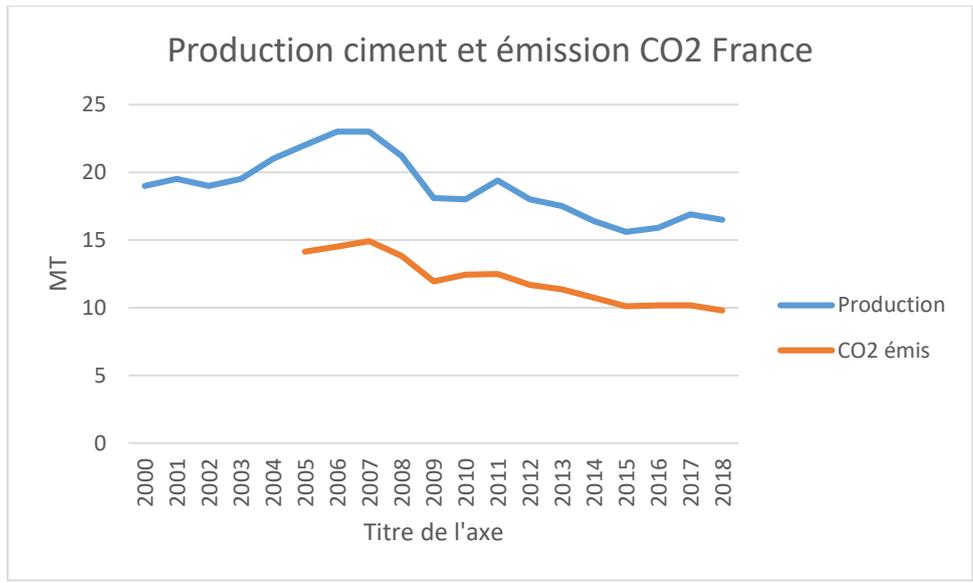
Source : SFIC 2017



Source : SFIC 2019



Source : GNR 2020



Source : GNR 2020

593AG - Carbon intensity of the fuel mix - Weighted average | Grey clinker (CO2 / MJ)

Region	YEAR	Total	
France	1990	92	
	2000	83	
	2005	79	
	2006	81	
	2007	82	
	2008	80	
	2009	80	
	2010	83	
	2011	81	
	2012	80	
	2013	80	
	2014	78	
	2015	76	
	2016	76	-1,4% /an depuis 2010
	2017	73	-0,8% /an depuis 1990

Source : GNR 2020

25aAGFC - Thermal energy consumption - Weighted average | excluding drying of fuels - Grey clinker - by fuel category (% total energy)

Region	YEAR	Alternative fossil and mixed wastes	Biomass	Fossil fuel
France	1990	4%	0%	96%
	2000	17%	4%	79%
	2005	16%	6%	78%
	2006	16%	10%	74%
	2007	17%	9%	74%
	2008	18%	11%	71%
	2009	18%	11%	70%
	2010	21%	9%	71%
	2011	19%	11%	70%
	2012	18%	12%	70%
	2013	20%	13%	68%
	2014	24%	14%	62%
	2015	24%	16%	60%
	2016	23%	16%	60%
	2017	26%	20%	54%

Source : GNR 2020

Feuille de route de Cembureau (2020)

Plan CEMBUREAU mai 2020					
Evolution en kg de CO2 /tonne de ciment		Europe 2017 à 2030	cagr 2017-2030	de 2017 à 2050	Europe 2030 à 2050
Clinker		667 en 2017			472 en 2030
	Combustibles alternatifs	-30	-0,35%	-71	-41
	Efficacité thermique	-9	-0,1%	-26	-17
	Clinker bas carbone	-8	-0,1%	-17	-9
	Decarbonation des matières premières	-14	-0,2%	-27	-13
	H2 et électrification	0	0,0%	-19	-19
Ciment					
	Clinker substitution	-24	-0,3%	-72	-48
	Electrical efficiency and renewables	-11	-0,1%	-35	-24
	Carbon neutral transport	0	0,0%	-10	-10
Béton					
	Concrete mix	-28	-0,3%	-52	-24
	Carbon neutral transport	0	0,0%	-7	-7
Construction					
	CO2 capture in built environment	-71	-0,9%	-51	20
Total hors CCUS		-195	-2,6%	-387	-192
CCS/CCU		0	0,0%	-280	-280
		-195	-2,6%	-667	-472

Source : Cembureau 2020

Evaluation Shift des leviers efficaces à l'horizon 2025 :

Bâtiment / leviers	Type	Scope	Potentiel de réduction des émissions cagr 2017- 2025	Commentaires	Début de la baisse d'Id à 2025 ?	
Clinker						
	Combustibles biomasse	Levier techno	externe	-0,10%	disponibilité, biomasse comptée pour 50% des combustibles de substitution	trajectoire déjà endendrée
	Efficacité thermique	Levier techno	interne	-0,1%		trajectoire déjà endendrée ?
	Clinker bas carbone	Levier techno	interne	-0,1%		trajectoire déjà endendrée
	Decarbonation des matières premières	Levier techno	amont	0	Filières de tri/recyclage à monter et à rendre compétitif	pas significatif à 2025
	H2 et électrification	Levier techno	interne	0		non
Ciment						
	Clinker substitution	Levier techno	interne	-0,3%	nouvelles normes ciment	trajectoire déjà endendrée
	Electrical efficiency and renewables	Levier techno	externe	-0,1%		trajectoire déjà endendrée
	Carbon neutral transport	Levier techno	externe	0	des milliers de camions vrac à renouveler	non à 2025
Béton						
	Concrete mix	Levier techno	aval	0	nouvelles normes béton et ciment	peut être dédolé avant mais peu d'effet à 2025
	Carbon neutral transport	Levier techno	externe	0	des milliers de camions à renouveler	non à 2025
Construction						
	CO2 capture in built environment	Levier techno	interne	0		très long pour nouvelle tendance de design
CCS						
	CCS/CCU	Levier techno	interne	0	doit être planifié (réglementation ou EUETS et barrière à l'entrée B&B)	
			Total TSP	-0,8%		
			Total Cembureau	-2,6%		

Source : hypothèses The Shift Project 2020, d'après Cembureau 2020

Sensibilité emploi de la filière : impact de la crise de 2008-2018

France	2008	2018	%	Effet emploi multiplicateur
Ciment produit (MT)	21,4	16,5	-23%	
Ciment consommé (MT)	24	18,4	-24%	
Emplois directs	4 991	4 525	-9%	0,40
BPE produit (Mm3)	44,4	40,1	-10%	
Emplois directs*	8 400	7 700	-8,3%	0,86
<i>Extrapolation filière</i>				
chauffeurs BPE		6 100		hyp: idem BPE
Prefa		18 000		hyp: idem BPE
Granulats		6 000		idem ciment
total		42 325		0,75

- Hypothèses The Shift Project,
- D'après Ciment - SFIC 2019 ; BPE - SNBPE 2016 ; Préfabriqué - FIB 2020 ; Granulat BPE – UNPG 2011

Benchmark Europe sur consommation de ciment et émissions de CO2 :

2017 GNR	France	Germany	EU28
Tonnage ciment (MT)	16,0	36	168
Population	67	83	445
Cement kg per capita	238	431	378
Total CO2 emission (MT)	10	21	105
Gross CO2 clinker (kg/t)	828	815	813
Gross CO2 cement (kg/t)	613	573	627
Net CO2 clinker (kg/t)	741	675	723
Net CO2 cement (kg/t)	547	474	559
Clinker factor %	76%	72%	77%
alternative fuel %	26%	46%	30%
Biomasse %	20%	21%	16%
fossil fuel %	54%	34%	54%

source: data GNR 2017

ANNEXE 2 – un focus de l'industrie manufacturière : filière de production de batteries

1- Le secteur Industrie Manufacturière - filière Batterie dans le PTEF

Le focus batteries dans le plan de transformation concerne tous les recours à l'utilisation de batteries dans le futur décrit par le PTEF.

Ce secteur inclut les activités professionnelles reliées à la production de batteries et au raffinage de matières premières.

Le secteur batterie est indispensable à la transition et ne peut pas être pensé isolément dans une démarche de transformation de l'économie :

- La production de batteries est indissociable de la production et l'utilisation d'appareils ayant recours aux batteries : appareils numériques, véhicules électriques, stockage d'énergie etc.
- Les batteries utilisées en France sont en majorité produites hors de nos frontières et importées une fois assemblées depuis des pays comme la Chine. Les matières premières sont extraites dans des mines puis importées en majorité en Chine ou elles sont raffinées puis transformées en produits finis (Joint Research Center, 2018).
- L'évolution du secteur batterie dans le cadre du PTEF se calque sur l'évolution de la mobilité, les batteries utilisées pour la mobilité représentent une large majorité du volume de batteries produites.
- Les batteries utilisées pour la mobilité électrique aujourd'hui sont en majorité des batteries lithium-ion, la production de ces batteries fait appel à l'utilisation de métaux rares dont l'approvisionnement est critique. Plusieurs métaux sont particulièrement critiques et leur approvisionnement dimensionnera les capacités de production de batteries lithium ion (le cobalt par exemple).
- Dans le cadre du PTEF, le secteur batterie se calque sur l'évolution des batteries lithium ion utilisées pour la mobilité électrique

L'équipe du focus batteries a interagi avec les autres secteurs du PTEF afin d'établir des tendances dans l'évolution du recours aux batteries. L'équipe a aussi participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière.

2- Dimensionnement d'une filière pour la résilience ...

- Les besoins en batteries de l'économie transformée :
 - 3 secteurs sont particulièrement concernés par la production et l'utilisation de batteries : Le numérique dont les terminaux ont recours à des batteries de petites tailles au chargement rapide, le système électrique qui peut être amené à utiliser des batteries pour équilibrer la production et la consommation en électricité à chaque instant, en fonction des mix de production proposés, La mobilité qui a recours aux batteries pour les véhicules particuliers électriques, les vélos à assistance électrique, les Bus électrique etc.
 - Dans le PTEF, le secteur dont l'évolution est la plus déterminante pour le dimensionnement de la filière batterie est la mobilité.
- Actuellement le secteur batterie n'a pas d'industrie en France et importe la grande majorité des batteries sous forme de produits finis. Les batteries sont aujourd'hui produites en grande majorité en Chine (Joint Research Center, 2018). Les matières premières constituant ces batteries sont extraites hors de la France (République démocratique du Congo ou Chine pour le Cobalt) et raffinées en Chine (Joint Research Center, 2018).
- Nous estimons la consommation actuelle de batteries pour les besoins de mobilité en France à 1,5 GWh/an. Cette estimation se fonde sur la capacité moyenne d'une batterie de voiture

électrique vendue en France en 2017, de 41 KWh² (correspondant à un poids d'environ 200 kg et à une autonomie moyenne de 220 km) (International Energy agency, 2019) et sur le nombre de ventes de voitures électriques particulières, de 27 000/an auquel on ajoute les ventes de vélos à assistance électrique (environ 400 000/an³).

- La demande en véhicules issue de la mobilité après transformation mène à une demande en véhicules correspondant à une consommation de 300 t de cobalt, nécessaire à la fabrication des batteries⁴.
- A titre de comparaison, selon l'IAE, la production mondiale de batterie s'élevait en 2018 à 100 GWh/an avec 15 kt de cobalt. En 2017, 160 Kt de cobalt ont été extraites mondialement. (Joint Research Center, 2018). D'après cette dernière source, il sera possible d'extraire en 2030 240 Kt/an de cobalt dans un scénario optimiste.
- La transformation de l'industrie automobile par le PTEF implique une augmentation très importante de l'utilisation de la voiture électrique, passant de 27 000 voitures vendues chaque année à plus d'1 million en 2050 (avec une capacité moyenne de batterie de 50 Kwh de capacité, pour 250 km d'autonomie). En parallèle, l'ensemble du parc de véhicules utilitaires légers (VUL), et de bus (urbains) s'électrifie, ce qui représente alors une demande d'environ 350 000 VUL électriques par an.
- La transformation de la mobilité quotidienne par le PTEF implique également une multiplication par près d'un facteur 4 de la production de vélos à assistance électrique par rapport à aujourd'hui, et la massification des 2 roues électriques légers (1,4 millions de véhicules vendus annuellement).
- Le besoin estimé de batterie serait ainsi de 75 GWh/an et représenterait environ 10 Kt/an de cobalt en prenant en compte un changement de technologie vers des batteries plus sobres en cobalt⁵. A titre de comparaison, le scénario mondial EV30@30 proposé par l'IAE nécessite 170 kt de cobalt pour 2,3 TWh de batteries produites en 2030. (International Energy agency, 2019)

3- ... porteuse de ses propres points de vulnérabilité

- Aujourd'hui, la mobilité électrique est dépendante de l'importation de produits finis depuis la Chine, laquelle est elle-même est dépendante de l'importation de matières premières depuis des pays comme la république démocratique du Congo.
- Produire 1 KWh de batterie dans un pays comme la Chine émet 75 kg de CO₂eq. Relocaliser la production de batteries en France où l'électricité est moins carbonée pourrait permettre de réduire globalement les émissions liées à cette industrie (Joint Research Center, 2018).
- Produire 75 GWh de batteries pour la France nécessitera des investissements. A titre d'exemple, la construction d'une "giga-factory" en Angleterre nécessite 4 G£ d'investissement (soit environ 4,4 G€) pour une production annuelle de 30 GWh et amènera la création de 4 000 emplois permanents⁶. Ainsi, on peut s'attendre à devoir mobiliser des investissements du même ordre de grandeur pour développer une filière batterie, en France ou en Europe.
- Des points de vulnérabilité apparaissent une fois un pan de notre économie appuyé sur cette nouvelle filière, notamment la dépendance aux intrants de matières premières dont le cobalt, mais aussi la consommation d'énergie et les émissions associées à la production des batteries.

² <https://www.statista.com/statistics/309584/battery-capacity-estimates-for-electric-vehicles-worldwide/>

³ <https://fr.statista.com/statistiques/713440/nombre-velos-assistance-electrique-vendus-france/>

⁴(Joint Research Center, 2018) nous indique que le cobalt représente 4% du poids d'une batterie finie, on sait que la densité énergétique moyenne d'une batterie est de 0,2 kWh/Kg, en additionnant les poids de toutes les batteries vendues en France par an, on trouve qu'il est nécessaire d'extraire 0,3Kt de cobalt pour leur fabrication.

⁵ Les technologies utilisées ayant recours à du cobalt dans les batteries aujourd'hui (NMC 111 pour 42% des batteries produites, NMC 433 pour 7%, NMC 532 pour 5%, NCA pour 14%)(Joint Research Center, 2018) sont plus consommatrices en cobalt que celles prévues en 2030 par l'IAE (NMC 811 pour 50% des batteries produites, NMC 622 pour 40% et NCA pour 10%) (International Energy agency, 2019). Une batterie NMC 111 nécessite un atome de cobalt pour un atome de manganèse pour un atome de nickel tandis qu'une batterie NMC 811 ne nécessitera plus qu'un atome de cobalt pour 8 atomes de nickel, réduisant ainsi le besoin en cobalt par KWh de batterie produit.

⁶ <https://www.theguardian.com/business/2020/may/20/uk-first-car-battery-gigafactory-amte-power-britishvolt>

ANNEXE 3 – Rebouclage sur les matières pour le système électrique : détails des méthodologies et résultats obtenus à ce stade

1- Méthodologie

Un outil a été construit pour simuler un système électrique année par année :

- Il permet d'établir un calendrier (année par année) des demandes totales annuelles d'électricité voulues, ainsi que du mix désiré (choix annuel également) pour satisfaire à cette demande ;
- En fonction de ce double calendrier, il affiche les puissances nécessaires chaque année par filière ;
- Il permet ensuite de créer des unités de production dans chaque filière avec puissance de l'unité et date de mise en service réglables (les unités "historiques", c'est-à-dire actuellement en fonctionnement, ont également été ajoutées avec leur date de mise en service dans la mesure du possible), afin d'établir au pas de temps annuel un mix électrique « réglé à la main » dont le but est qu'il colle au plus proche du mix « calculé en fonction des calendriers » (on se laisse une marge d'erreur de 1% limite basse et 3% limite haute) ;
- Le mix « réglé » est établi de 2020 à 2170 :
 - La période 2020-2050 correspond à la transition,
 - Et la période 2051-2170 correspond à une période artificiellement longue afin d'avoir le temps d'établir un « régime établi » : les installations du SE se renouvelant assez lentement, ce régime établi n'est pas instantané ; il est cependant plus court à établir que la période observée, et va se caler sur la période de renouvellement la plus longue parmi les filières (nucléaire, ou hydraulique si on prend en compte ce dernier, ce qui n'est pas le cas, cf. note à ce sujet plus bas) ;
- Une fois le mix établi sur toutes les années, il est possible de calculer les besoins annuels en matériaux : pour cela, on affecte à chaque filière une durée de construction type, on dispose d'intensités matière en t/MW d'installations (par matière et par filière), et l'on répartit donc les tonnes nécessaires pour les installations que l'on construit sur leur durée de construction, qui s'étale sur les années précédant la mise en service que l'on a rentrée pour l'installation en question.

Cela nous permet de calculer et constater plusieurs choses :

- Les pics des quatre matières pendant la transition : leur amplitude, leur date de survenue (qui n'est pas forcément la même pour chaque matière) et la (les) filière(s) qui en est (sont) majoritairement responsable(s) ;
- Les consommations annuelles moyennes par matière en « régime établi », et la (les) filière(s) qui a (ont) le plus de poids dedans : pour cela, on calcule les consommations moyennes annuelles sur un cycle « régime établi » pour chaque filière (le cycle d'une filière étant plus ou moins long selon la filière, car égal à la durée de fonctionnement type de la filière en question), et on fait la somme pour obtenir les consommations moyennes annuelles du SE en « régime établi ».
- Ce calcul est également fait beaucoup plus simplement avec un autre outil qui ne nécessite pas de construire le mix année par année mais seulement de rentrer le mix en régime établi et la demande globale. Il calcule ensuite la demande matières par filière pour construire l'intégralité des puissances par filière, et divise le tout par des durées cycles afin de ramener en consommations annuelle moyennes. C'est de cet outil que sont tirés les résultats "régime établi".

- Concernant les pics, on peut également vérifier que les maximums sont atteints pendant la transition et non après (en d'autres termes, comparer le pic en transition aux pics en régime établi, pour savoir si l'effort pendant la transition est supérieur à ce qu'il faudra ensuite en régime établi, qui a lui également des max et des min).
- On peut enfin, en régime établi, voir la hauteur des pics par rapport à la moyenne.

2- Paramètres et Hypothèses

Filières

Les filières de production d'électricité considérées sont :

- Nucléaire (historique et nouveau, celui-ci étant calqué en puissance sur celle d'un EPR)
- Hydroélectricité
- Thermique gaz
- Thermique charbon
- Thermique fioul
- Eolienne terrestre
- Eolienne offshore
- PV
- Bioénergies
- Energies marines

Calendriers des demandes totales et des mix

Nous avons plusieurs points "remarquables" sur la durée 2020-2170 :

- 2025 : sortie du charbon ;
- 2035 : pour certains calendriers, point de passage avec 50% ou moins de nucléaire dans l'énergie produite ;
- 2050 : fin de transition.

Nous avons pris des mix types non pas pour les proposer comme des mix vers lesquels il faudrait tendre mais pour pouvoir disposer d'ordres de grandeur et de comparaisons. Le but n'est pas de démontrer la validité des mix choisis d'un point de vue technique : pour cela, nous nous reposons sur des arguments cités ci-après lors de leur présentation.

Un « mix type » signifie ici une correspondance entre les puissances installées par filière et les productions par filière parmi la production totale. Nous faisons l'hypothèse que ces rapports (qui mettent en jeu les taux de charge des filières) sont homothétiques de la demande totale : si on augmente ou diminue la demande totale, les productions et puissances par filière vont évoluer proportionnellement, ce qui est bien sûr une approximation grossière (notamment pour l'hydraulique, voir la note plus bas).

Les mix types choisis, avec lesquels nous avons fait plusieurs variantes présentées plus loin, sont les suivants :

- Mix « Actuel » pour le départ en 2020, tiré du Bilan électrique 2019 de RTE ;
- Mix « AcSansCharb » (actuel sans charbon), le même que le précédent avec la puissance du charbon mise à 0 et l'énergie de la filière charbon (plus faible en 2019 que les années précédentes) reportée sur le nucléaire, en faisant donc l'hypothèse d'un taux de charge un peu supérieur pour le nucléaire.

- Mix « Ampère », tiré du Bilan prévisionnel de 2017 de RTE.
- Mix « Watt », tiré du Bilan prévisionnel de 2017 de RTE.

L'argumentaire pour avoir choisi ces mix est le suivant :

- En termes de validité technique tout d'abord, nous nous basons sur le fait que les deux premiers sont proches ou équivalents au mix actuel, et pour les deux suivants, que le gestionnaire de réseau les avait proposés (sous certaines hypothèses cependant, voir pour cela les Remarques et limites).
- Ils ne remettent pas en question (ou ne sont pas censés le faire) le paradigme du réseau électrique et son fonctionnement, ce qui nous permet de nous intéresser en première approximation aux unités de production seulement.
- Ils permettent de faire des comparaisons entre eux : le mix « AcSansCharb » comporte sensiblement autant de nucléaire qu'aujourd'hui (71% de l'énergie totale), le mix « Ampère » descend à 46% et « Watt » à 11%.

Pour ce qui est de la demande, nous avons fixé un calendrier identique pour chaque variante : égale à 537.7 TWh en 2020 (BE RTE 2019), et à 600 TWh à partir de 2050 (car le bilan énergétique établi lors du rebouclage macro-énergétique a abouti pour le moment à une demande en électricité d'environ 550 TWh ; nous avons fixé la production à 600 TWh pour s'assurer une marge, et laisser de la place à un éventuel export. La demande évolue de façon linéaire pendant la transition, puis reste constante après 2050, à 600 TWh.

La transition entre deux mix types (par exemple, Actuel en 2020 et AcSansCharb en 2025) se fait de manière linéaire dans ce modèle, c'est aussi une approximation.

Les variantes de calendriers de mix ont été construites de la sorte (on rappelle qu'on commence en 2020 avec le mix Actuel) :

- Variantes classe A : passage en 2025 par le mix AcSansCharb, puis continuation avec ce mix jusqu'en fin de transition. Cela ne respecte donc pas le passage à 50% de nucléaire en 2035 programmé dans la PPE. Par ailleurs, la limite en capacités nucléaires instituée par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et fixée à 63,2 GW est également non respectée car on arrive à 70 GW environ en fin de transition dans les variantes de classe A. Il faut rappeler ici que le but de l'exercice n'est pas à ce stade de se prononcer sur un mix donné mais d'évaluer des ordres de grandeur d'intensités matières nécessitées, qui ne constituent qu'une partie de la question posée par la planification du mix.
- Variantes classe B : passage en 2025 par le mix AcSansCharb, mix Watt fixé en 2050, et transition linéaire pendant toute la période 2025-2050. Le mix Watt a été construit par RTE pour être atteint en 2035 (du point de vue de 2017) ; nous avons préféré le repousser en 2050 pour la raison suivante. Il est précisé dans le BP que la demande totale doit diminuer considérablement pour permettre le mix tel que proposé : en effet, les ENR n'ont sinon pas le temps de se développer suffisamment et il faut surenchérir sur les capacités en thermique gaz. Le fait de repousser à 2050 laisse 15 ans de plus, et nous faisons donc l'hypothèse que la contrainte sur la demande totale est levée, ce qui nous permet d'aller à 600 TWh. A noter cependant, le mix que cela donne pour 2035 avec la transition linéarisée comporte 46% de production nucléaire, donc respecte la PPE (la correspondance avec la classe C (voir ce qui suit) est un hasard).
- Variantes classe C : passage en 2025 par le mix AcSansCharb, passage en 2035 par le mix Ampère, puis continuation avec ce mix jusqu'en fin de transition. A noter, la transition pour arriver à Ampère n'est pas la même que celle proposée lors du BP 2017. En 2035, la production nucléaire représente 46% du total.

Enfin, nous avons joué sur l'âge de fermeture des centrales nucléaires : 40 ans, 50 ans ou 60 ans. Pour la désignation des variantes, nous avons la variante A.1 qui est la variante de classe A avec l'âge fixé à 40 ans, la A.2 avec l'âge fixé à 50 ans, et la A.3 à 60 ans (le principe est le même pour les classes B et C).

Paramètres matières et durées de vie

Les intensités matières sont tirées du livre « Mineral Resources and Energy » d'Olivier Vidal, p. 75-76 (Vidal, O., 2017).

On a considéré, par ordre de priorité dans les différentes sources indiquées dans les tableaux, et en fonction de la disponibilité ou non de données à ces lignes :

- La ligne « MI Chapter 6 (t/MW) »,
- Puis « Average of literature data »,
- Puis « Average of averages ».
- Ces données de paramétrage sont à prendre avec des pincettes :
- Source unique (le livre) ;
- Livre publié en 2018, et données récoltées datant d'un peu plus : ces données sont datées, or elles peuvent évoluer dans le futur, notamment pour les filières encore non matures, qui pourraient devenir moins intensives en besoins matières.

Les durées de fonctionnement sont tirées également du livre d'O. Vidal pour la plupart, sauf contre-indication.

Autres hypothèses

- Pour la filière Bioénergies, les données intensités matières manquantes ont été prises égales aux données Thermique gaz (ce qui est potentiellement conservatif (conservatif ici au sens de ne pas surestimer la consommation en matière) car ce sont des unités de production plus petites, moins centralisées). La durée de fonctionnement a également été prise égale à celle du Thermique gaz.
- Pour la filière Energies marines, faute de données, nous avons pris des intensités matières égales à la moitié de celles de la filière Eolienne offshore (on a divisé par deux pour être ici aussi conservatif).
- On a distingué l'éolien onshore et offshore (en ne prenant pas en compte l'ordre de priorité présenté ci-dessus dans le choix de la ligne des paramètres matières), car les données étaient égales dans la ligne « MI Chapter 6 (t/MW) » pour les deux filières, alors que la filière offshore est a priori plus consommatrice.
- La durée de construction du nucléaire a été prise à 10 ans (hypothèse discutable dans un sens ou dans l'autre), celle du gaz à 5 ans, celles du charbon et du fioul égales à celle du gaz, et pour les ENR, de 1 à 3 ans (pas de données précises faute de temps, mais durées fixées courtes car relativement petites installations).
- L'EPR de Flamanville est supposé mis en route en 2023, ce qui pourrait évoluer.
- Les durées de fonctionnement des centrales nucléaires, pour une variante donnée, sont les mêmes pour le nucléaire actuel et le nouveau nucléaire (par exemple, tout à 50 ans), sauf dans le cas des variantes à 40 ans : dans ce cas, les centrales construites avant 1990 (donc la grande majorité) sont prolongées à 50 ans, pour avoir le temps, dans l'exercice de ce modèle, de construire d'autres pour les remplacer (pas de nouvelle centrale avant 2030 à cause de l'hypothèse de temps de construction).

3- Remarques et limites

- Les données paramétrées sont certainement discutables (et par ailleurs, n'évoluent pas dans le temps, donc il n'y a pas de place laissée aux améliorations technologiques, ce qui pose surtout problème pour les filières en développement qui peuvent gagner en sobriété dans leurs intensités matières).
- Nous n'avons pas simulé d'étalement de la fermeture des centrales nucléaires, qui permettrait d'éviter un effet falaise trop brutal, la même durée de fonctionnement est prise pour toutes les centrales au sein d'une même variante.

- En conséquence, il est difficile de régler finement les capacités de nucléaire si la descente est très rapide, comme dans les variantes C : il faut tout de même construire de nouvelles centrales pour ne pas être en sous-capacité, mais une fois construites, celles-ci se retrouvent en surcapacité pendant une longue période car la capacité voulue dans le mix a continué à baisser entretemps, ce n'est donc pas très réaliste. Cela pourrait être nuancé avec des durées de fonctionnement plus modulables et soulève donc la question de l'amortissement de l'effet falaise par des durées de fonctionnement étalées dans le temps.
- Par ailleurs, l'hypothèse de durée de construction du nucléaire fixée à 10 ans ne permet pas d'avoir de nouvelles centrales dans le mix avant la décennie 2030 (sauf pour l'EPR de Flamanville), cela conduit donc à une légère sous-capacité en nucléaire dans certaines variantes pendant la décennie 2020.
- Le chiffre de 600 TWh fixé en fin de transition pour la demande totale sera sans doute amené à évoluer, les bilans énergétiques n'étant pas encore complètement définitifs, notamment ceux de l'industrie et du tertiaire.
- On ne prend en compte que les besoins en matières pour la construction (pas pour l'entretien (notamment le carénage nucléaire) et le démantèlement).
- Les consommations impliquées par les capacités en thermique gaz sont sans doute irréalistes si prises à la lettre quand on les met en perspective avec l'esprit du plan : la sortie des fossiles impliquerait de les alimenter en biogaz, dont les capacités sont limitées. Le calcul détaillé n'a pas été fait faute de temps, mais on rappelle que le but de l'exercice ici est de se concentrer sur les intensités matières.
- Les mix RTE font également des hypothèses sur le stockage et les nouvelles capacités d'interconnexions pour assurer l'équilibre offre-demande : les interconnexions n'ont pas ici été prises en compte dans les besoins matières faute de temps et de données, et le stockage via des véhicules électriques n'a pas été pensé non plus en coordination avec la mobilité.
- Les mix de RTE sont construits pour 2035, pas 2050, donc dans le cas de Watt les ENR auraient pu se développer plus et le mix proposé par RTE aurait pu être différent s'il avait été conçu pour 2050.
- Les capacités hydroélectriques pour les variantes B sont irréalistes avec une demande à 600 TWh, les capacités augmentant homothétiquement selon nos hypothèses par rapport à la production normale du mix : on arrive à 37 GW, au lieu de 26 GW aujourd'hui, alors que les capacités sur le territoire sont déjà saturées.
- Les capacités de la filière nucléaires « en fonctionnement » ne prennent pas en compte les visites décennales (alors qu'il faudrait les soustraire pendant le temps de la visite pour être plus précis).
- Pour certaines filières, les installations « historiques » avec leurs dates de mise en service et puissance n'étaient pas facilement accessibles, nous avons donc fait des hypothèses pour coller aux puissances totales indiquées dans les Bilans électriques de RTE.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Industrie Automobile

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette *Vision globale* – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne](#).

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution](#).

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- L'industrie automobile dans le PTEF

Périmètre du secteur :

- Le secteur « industrie automobile » regroupe principalement les activités de conception et production des voitures particulières (VP) et des véhicules utilitaires légers (VUL), ainsi que les pièces détachées nécessaires à l'entretien du parc de ces véhicules.
- Ce secteur inclut donc :
 - Les équipementiers et sous-traitants qui conçoivent et/ou fabriquent les pièces ou sous-ensembles composant les véhicules
 - Les constructeurs automobiles qui les assemblent
 - Les sociétés de service ou d'interim auxquels font significativement appel les constructeurs, équipementiers ou sous-traitants.
- Les constructeurs automobile ou équipementiers ont aussi des activités dans d'autres secteurs :
 - Le numérique et les services de mobilité (autopartage, covoiturage, location)
 - Les services autour de l'automobile : vente, distribution, financement, assurance, entretien & réparation
 - La fin de vie et le recyclage
 - La production de tricycles ou quadricycles (Twizy, Ami) ou de deux-roues (deux-roues motorisés ou vélos).
- Par conséquent, les services relatifs à l'automobile (entretien, réparation, vente...) sont considérés dans le périmètre de cette fiche.

Interactions avec les autres secteurs :

- Le secteur « Industrie Automobile » est lié directement ou indirectement à un certain nombre de secteurs industriels ou serviciels : mobilité quotidienne et longue distance, fret, industrie lourde recyclage et déchet, production d'énergie, numérique, médias.
- Aussi, la transformation du secteur « Industrie Automobile » se doit d'être pensée en cohérence avec les transformations de ces secteurs :
 - Les secteurs de la mobilité quotidienne et longue distance impactent directement l'activité du secteur, que ce soit sur la taille du marché du neuf ou les activités liées à l'usage du parc telles que l'entretien et le commerce des pièces détachées et les assurances (ce qui justifie que ces activités soient considérées dans ce secteur).
 - Une partie du secteur fret (en particulier l'acheminement jusqu'au client final, la livraison à domicile de colis) a recours aux VUL, impactant ainsi les besoins en production.
 - Par ses flux logistiques, le secteur « Industrie Automobile » est un déterminant de l'activité du secteur fret.
 - La taille du marché du neuf, couplée aux choix de conception des véhicules, va directement impacter les secteurs de l'industrie lourde, des déchets et du recyclage qui fournissent les matières premières et recyclent les véhicules et composants hors d'usage.

- L'essor de la connectivité des véhicules et le développement des aides à la conduite (conduite plus ou moins autonome) ont relié ce secteur avec celui du numérique.
- Le secteur de l'énergie est lié à celui de « l'Industrie Automobile » par les besoins énergétiques des processus de fabrication.
- Le secteur « Industrie Automobile » consacrant des budgets importants à la publicité, il impacte le secteur des médias.
- La France est un pays ayant une histoire et une culture automobile fortes. Elle dispose de groupes automobiles figurant dans les 10 premiers mondiaux, mais aussi de sous-traitants de premier rang, tels Valeo, Faurecia... L'automobile, par sa démocratisation, a rendu possibles des évolutions d'aménagement du territoire et d'urbanisme grâce à une mobilité facile, individuelle et rapide. Elle constitue en tant que 2^{ème} poste de dépense après le logement un objet statutaire, investi souvent d'une forte charge symbolique.
- L'industrie automobile est une activité mondialisée et internationale :
 - Les véhicules et leurs composants sont conçus pour de grands marchés tel le marché européen.
 - Une part importante des véhicules vendus en France, y compris par les constructeurs français sont assemblés hors de France, voire hors d'Europe. Une partie des véhicules produits en France sont exportés.
 - Parmi la valeur totale achetée¹ par les constructeurs (qui représente typiquement plus de 80% de la valeur totale), une part significative provient de l'étranger (des pays voisins à des pays comme la Chine, l'Inde ou le Japon).

Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

- Les travaux se sont nourris des études du *Shift Project* précédemment publiées mais aussi de nombreuses publications d'organisations du secteur telles le CCFA, la PFA, mais aussi le CGDD et les constructeurs eux-mêmes.
- L'équipe « Industrie Automobile » a intensément interagi avec les équipes en charge des mobilités quotidienne et longue distance, du secteur de l'énergie, de l'agriculture mais aussi de l'industrie lourde et du fret.
- Elle a participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière, en partenariat avec les secteurs des mobilités et du fret, afin de garantir la solidité de ses hypothèses.

II- Notre point de départ : la situation avant transformation

Description du secteur « Industrie Automobile » à l'heure actuelle :

- Le parc automobile Français peut être décrit par :
 - Sa taille

¹ 41Md€ achetés en 2017 pour un CA de 47,9Md€ dans le groupe PSA, https://www.cotecorp.com/Groupe_PSA_2018_CSR_Report.pdf

- Le kilométrage annuel parcouru par le parc, directement lié à la part modale de l'automobile et à son taux de remplissage (nombre de personnes par véhicule pour un km parcouru, quantité de marchandise par véhicule pour un km parcouru)
- La taille du marché des véhicules neufs renouvelant ce parc (dépendant fortement du kilométrage annuel parcouru).

FRANCE ²	Taille du Parc (millions de véhicules)	Marché du neuf (millions de véhicules/an)	Kilométrage annuel du parc (milliards de véhicule-km/an)
VP	33	2,1	450
VUL	6	0,45	120

- Les groupes automobiles français ont eu en 2018 une part de marché de 57 % des véhicules neufs vendus en France (soit 1,2 millions) et de 65 % des VUL neufs vendus en France (soit 0,29 million). Une partie des véhicules vendus par les constructeurs français sont assemblés hors de France, en particulier les petits véhicules. En 2018, 1,76 millions de VP (contre 2,9 en 2000) ont été assemblés sur le sol français; 0,51 million pour les VUL (contre 0,47 en 2000).
- La filière automobile représente en France environ 484 000 emplois³. Les constructeurs français représentent 105 000⁴ emplois en France (soit environ 1/3 de leurs 300 000 emplois⁵ dans le monde).

Grands enjeux physiques et environnementaux :

- Les véhicules composant le parc diffèrent :
 - Par leur taille et leur profil (citadine, berline familiale, SUV, monospace, coupé, pick-up...)
 - Par le type de motorisation et de vecteur énergétique : Gazole, Essence, Gaz naturel véhicule, GPL, Bio-ethanol, électricité, hybride, hybride rechargeable, ...
 - VP : même si la part de marché du Diesel a fortement baissé depuis 5 ans environ, du fait de son inertie, le parc VP français reste fortement dieselisé :
 - Diesel : 75 % des km parcourus par le parc⁶
 - Essence : 24,5 % des km parcourus par le parc
 - Électricité, GPL, GNV... : 0,5 % des km parcourus par le parc
 - VUL : marché essentiellement Diesel, ce qui se traduit au niveau parc par :
 - Diesel : plus de 90 % des km parcourus
 - Essence : 9 % des km parcourus
 - Électricité : 0,2 % des km parcourus

² Source : CITEPA, Compte des transports, Statistiques CCFA 2019

³ Source ESANE 2016, CCFA2019 en équivalent temps plein : Industrie automobile + R&D + Intérimaires de l'industrie automobile + Périphérie de la filière automobile (emplois indirects dans l'industrie, y compris produits en caoutchouc et en plastique et métallurgie ; produits métalliques, produits informatiques, pièces mécaniques, produits en verre, textile, etc.)

⁴ CCFA2019

⁵ CCFA2019

⁶ Source : CITEPA

- Les émissions de GES associées à l'usage du parc (comptées du réservoir à la roue) ont représenté en 2018⁷ :
 - VP : 71MtCO₂e soit 16 % des émissions de GES du territoire français
 - VUL : 26MtCO₂e soit 5,8 % des émissions de GES du territoire français
- Du point de vue réglementation CO₂, le secteur est principalement encadré sur les émissions de CO₂e par km des véhicules neufs, via un cadre réglementaire européen.
 - Pour les VP, l'Union Européenne a fixé à 95gCO₂e/km les émissions moyennes (du réservoir à la roue) de 95 % des ventes 2020 (100 % en 2021). Pour mémoire, les émissions moyennes en 2019 en Europe étaient de 121,8 gCO₂e/km. La cible pour 2030 est de -37,5 % par rapport à 2021.
 - Les VUL disposent d'un cadre similaire pour les émissions de CO₂ des véhicules neufs.

⁷ Source : HCC rapport 2019 « agir en cohérence avec les ambitions »

- En complément des émissions liées à l'usage des véhicules, il faut considérer la fabrication des véhicules (de la mine à la concession) et leur fin de vie qui représente environ :
 - VP : environ 14 MtCO₂e/an⁸ pour le renouvellement du parc
 - VUL : environ 3 MtCO₂e/an⁹ pour le renouvellement du parc
- L'essentiel de ces émissions (90 %) est lié à la fabrication. 90 % des émissions de fabrications sont issues des filières d'approvisionnement des constructeurs automobile (fournisseurs, sous-traitants, fabricants de matière premières). La distribution géographique et par acteur de ces émissions est donc difficile à connaître ou estimer.
- Ces émissions se répartissent entre le secteur «Industrie Automobile» et le secteur industrie lourde.
- La part de ces émissions sur le sol Français reste à évaluer.
- La fin de vie des véhicules est encadrée aussi au niveau Européen. En 2017, 1,1 Millions de véhicules ont été pris en charge par la filière VHU (Véhicules Hors d'Usage) avec un taux de réutilisation et de recyclage de 87,4% et un taux de valorisation énergétique de 7,2%¹⁰. On peut en déduire que de l'ordre de 1,4 million de véhicule par an quittent le sol Français pour d'autres marchés (hypothèse d'un parc stable).
- La composition massique typique d'un véhicule thermique ou d'un véhicule électrique hors batterie est :

Matériaux	Part de la masse typique d'un véhicule (thermique ou électrique hors-batterie)
Métaux Ferreux	75%
Plastiques	13%
Métaux non ferreux (Aluminium, Cuivre)	3%
Verres	3%
Textile et autres matières	2%
Faisceaux Electriques	1%
Autres caoutchouc	1%
Peinture	1%

On notera que la masse moyenne homologuée d'un véhicule vendu en France en 2019 était de 1260 kg¹¹.

- L'utilisation des véhicules, en dehors des impacts GES/Climat a des impacts sur la qualité de l'air :
 - Emissions de polluants à l'échappement (avec des écarts de plusieurs ordre de grandeur entre les véhicules thermiques neufs actuels, et les plus vieux véhicules du parc)
 - Emissions de particules issues des pièces d'abrasion : pneus, freins, embrayages, ...
- Les véhicules électriques n'émettent pas de polluants à l'échappement, la pollution éventuelle liée à la production d'électricité étant délocalisée et concentrée au niveau des

⁸ Calcul sur base rapport climat PSA groupe 2019

⁹ Calcul sur base rapport climat PSA groupe 2019

¹⁰ Source : CCFA 2019

¹¹ ADEME chiffres clés marché 2019

unités de production. D'un point de vue environnementaux, ils présentent par ailleurs des impacts additionnels par rapport au véhicule thermique du fait des matériaux et procédés nécessaires à la fabrication des batteries, de l'électronique de puissance et des moteurs électriques.

- Parmi les énergies alternatives aux énergies fossiles, les biocarburants (liquides ou gazeux) doivent faire l'objet d'une attention particulière quand à leur origine, afin de garantir des bénéfices GES significatifs. Leur bilan GES en cycle de vie peut dans certains cas être comparable à celui des carburants fossiles (bio-carburant de première génération issus de cultures ayant nécessité un changement d'usage des sols ou de la déforestation).

III- Le chemin proposé par le PTEF

La transformation du secteur « Industrie Automobile » a été structurée autour de 3 axes visant à contribuer à la décarbonation globale des mobilités, cohérents des transformations des usages portés par les secteurs des mobilités (longue distance et quotidienne) et du fret VUL.

Les enjeux énergétiques, environnementaux et de souveraineté, ont été pris en compte. Afin d'assurer une plus grande résilience, nous avons aussi visé la sobriété dans la consommation de ressources.

Ces 3 axes sont : réduire l'empreinte carbone des véhicules en dehors de leur phase d'usage ; développer, produire, et diffuser en masse des véhicules sobres (moteur électriques ou thermiques) ; accompagner l'évolution des usages des parc (s'adapter, contribuer, saisir les opportunités).

Les transformations projetées ont été rebouclées afin d'assurer leur cohérence avec les secteurs liés, en particulier ceux des mobilités, du fret, de l'énergie, de l'agriculture et de l'industrie lourde.

1- Réduire l'empreinte carbone des véhicules en dehors de leur phase d'usage

Plus de 80% de l'empreinte carbone d'un véhicule en dehors de la phase d'usage est portée par les sous-traitants (depuis l'extraction des matières premières, la fabrication des pièces et leur transport). L'activité des constructeurs automobiles ne représente que 10 % de l'empreinte de production.

L'empreinte carbone hors usage des véhicules dépend :

- de l'intensité carbone des matériaux utilisés, des procédés de fabrication et des flux logistiques ;
- de la quantité de matière nécessaire.

Pour la réduire, il faut donc agir sur : la conception du véhicule, le choix des matériaux (dont usage de matériaux recyclés), la provenance des matériaux et des composants, les procédés, tout au long de la chaîne de fournisseurs.

Ces actions auront des impacts sur l'emploi, les coûts de production ainsi que les caractéristiques du véhicule (Hummer ou Twingo ?).

Afin de réduire l'empreinte carbone hors usage, nous proposons les leviers suivants :

- Réduire les quantités de matériaux par véhicule, en cohérence avec l'axe 2 sur les véhicules sobres, via l'allègement. Ce levier nécessitera de repenser les compromis en terme de style, d'équipements, de confort et de sécurité passive.
- Pour le cas des véhicules électriques en particulier, limiter l'empreinte CO₂ de la filière batterie, moteur et électronique de puissance, en particulier en les produisant dans des pays à électricité décarbonée. Pour une batterie, l'enjeu entre une batterie produite en Asie¹² et une batterie produite en France a été estimée proche de 50%¹³.
- Réduire l'intensité carbone des matériaux et des composants en favorisant les filières bas-carbone (dont pays à énergie bas carbone) et limiter les flux logistiques (mécanismes pouvant permettre d'éviter le recours au moins-disant social et environnemental)

Note : potentiel restant à chiffrer, notamment en termes de CO₂ et d'emploi.

- Réduire l'intensité carbone par l'accroissement du taux de matière recyclée et la réduction des déchets pendant la production : éco-conception du véhicule (le véhicule « circulaire ») afin de faciliter le recyclage au sein de la filière automobile. Dans le contexte actuel, où les besoins globaux en acier sont croissants, l'acier est fortement recyclé mais est principalement affecté à d'autres usages que l'automobile. Dans le contexte du PTEF, le taux de recyclage au sein de l'industrie automobile pourrait croître significativement du fait de l'évolution des autres secteurs consommateurs d'acier.

Note : compte tenu de la situation initiale, et du fait que le potentiel de ce levier est lié à la demande globale des matériaux, le potentiel de ce levier n'a pas été chiffré et pris en compte.

2- Développer, produire, et diffuser en masse des véhicules sobres

Compte tenu de l'ambition de neutralité 2050, des tensions qu'elle fait porter sur les secteurs énergétiques et industriels, et de l'évidente nécessité de réduire la consommation superflue de ressources, développer des véhicules sobres, c'est-à-dire faibles en besoins énergétiques (légers, aérodynamiques et optimisés en frottements mécaniques) apparaît comme incontournable. Un parc constitué de tels véhicules sera aussi moins sensible à différents type de chocs énergétiques ou sur les matières premières.

Ces leviers de sobriété sont probablement parmi les plus performants en €/tCO₂ évité et les plus accessibles économiquement pour les utilisateurs.

Ces leviers de sobriété s'appliquent essentiellement aux véhicules particuliers dont le potentiel de sobriété est beaucoup plus important (un VUL est dimensionné pour du volume d'emport et de la charge utile, les dotations d'équipement et de confort sont moindres. Une poursuite de l'amélioration sera projetée, mais ne constitue pas un axe de transformation structurelle).

¹² Japon, Corée du Sud, Chine

¹³ Empreinte carbone d'une batterie pour 50% issue de l'électricité / 17% de réduction de l'empreinte GES pour 30% de baisse d'intensité carbone de l'électricité (Japon – Corée du sud : env 600gCO₂e/kWh, Chine : 868gCO₂e/kWh, France : 56gCO₂e/kWh) source : https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf

Compte tenu des incertitudes sur une transition intégrale à l'électrique du parc automobile, sur le potentiel et les impacts de l'hydrogène, nous avons choisi de prendre en référence un scénario où subsistent en 2050 une part de l'ordre de 30 % de véhicules à moteur thermique alimentés par des carburants décarbonés (bioéthanol 2^{ème} génération, biogaz, e-fuels)¹⁴.

Ainsi la production et le marché automobile devra s'orienter d'ici à 10 ans au plus tard, vers des véhicules sobres électriques à batterie et des véhicules sobres à moteur thermique.

Concrètement, les véhicules particuliers sobres (électrique ou à moteur thermique) se caractériseraient par :

- Une réduction de la surface frontale des véhicules (S) couplée à une amélioration de l'aérodynamisme (Cx) permettant une réduction de la puissance nécessaire à l'avancement du véhicule, en particulier au-dessus de 80-90 km/h. À titre illustratif, les SCx des voitures actuellement en production se situent entre 0,6 m² (Berline type Peugeot 308) & 1m² (SUV type Volvo XC90). Une valeur typique à viser serait de 0,55m².
- Une réduction de la masse des véhicules qui serait portée par :
 - L'évolution du profil des véhicules en synergie avec l'amélioration de l'aérodynamisme
 - Une remise à plat de l'offre en termes de confort et d'équipements, mais aussi d'exigences (réglementaires et/ou consommateurs) en terme de sécurité (passive en particulier). Ces éléments ayant contribué de manière très importante à l'accroissement de masse des véhicules constaté depuis les années 90¹⁵.
- Coté pneumatiques et pertes mécaniques : des bénéfices proportionnels à la réduction des masses associés à la poursuite des tendances à l'œuvre pour minimiser les pertes des pneumatiques, via généralisation des pneumatiques dits UBRR (Ultra Basse Résistance au Roulement). Peu de ruptures à attendre dans ce domaine.

Nota 1 : ces évolutions permettent de réduire le dimensionnement en puissance et couple des moteurs, ainsi que des systèmes de freinage, ce qui constitue un cercle vertueux sur la masse.

Nota 2 : parmi les équipements de confort et de sécurité active, notre scénario ne considère pas l'automatisation partielle ou totale de la conduite. Les risques d'effet rebond sur la mobilité, les incertitudes sur les impacts énergétiques, matériaux et sur les besoins et impact côté secteur numérique, les risques de souveraineté font que les conditions ne sont pas réunies pour retenir une telle évolution dans notre vision.

Nota 3 : le type de véhicule résulterait de caractéristiques d'habitabilité et de volume de coffre proches d'une berline milieu de gamme, et pourrait transporter dans un confort décent 4 ou 5 personnes + bagages.

Les véhicules thermiques sobres, de 2l/100km seront équipés de motorisations hybridées¹⁶ ; l'hybridation permettant des gains significatifs en rendement à l'usage¹⁷, dans un contexte où

¹⁴ L'usage de biocarburants de 2^{ème} génération et/ou e-fuels est considéré dans le contexte du PTEF car la demande en carburant liquide pour l'automobile serait de l'ordre de 10 fois plus faible qu'aujourd'hui à l'horizon du PTEF, et comparable à la consommation de biocarburant actuelle pour le parc automobile.

¹⁵ Les véhicules commercialisés à la fin des années 1980, début des années 1990 résultaient de la prise en compte des chocs pétroliers : ils étaient légers, avec des surfaces frontales réduites.

¹⁶ Exemple : hybridation développée par Toyota depuis 20 ans ou concept HybridAir de PSA.

¹⁷ Récupération d'énergie, optimisation du fonctionnement du moteur thermique, ...

les motorisations diesel pour les véhicules particuliers auront très probablement disparu du marché¹⁸.

Les véhicules électriques sobres, grâce aux caractéristiques vues ci-dessus, verront leur besoin en capacité de batterie réduite. Nous considérons aussi que la question du besoin réel en autonomie est à interroger dans un contexte actuel de marché où l'on assiste à une course à l'autonomie afin de rassurer l'acheteur habitué aux autonomies et temps de plein des véhicules thermiques. Nous avons considéré une taille moyenne de batterie de 50kWh par véhicule à l'horizon du PTEF, et une consommation à l'usage de 15kWh/100km. Ce dimensionnement et ces caractéristiques sont à consolider (notamment, l'autonomie cible est à revoir à la baisse ; mais la valeur cible de 50kWh permet de dimensionner le secteur industrie et les besoins en matières premières).

Gains de masse résultants :

La masse moyenne des véhicules vendus en France en 2019 était de 1260 kg (dont 1,4 % de véhicules électriques significativement plus lourds, une ZOE 40kWh pesant 350 kg de plus qu'un Clio)

Dans la vision 2050, nous considérons en première approche :

- *un allègement de 100 à 150kg pour les véhicules sobres thermiques, résultant de l'allègement de la silhouette, de l'accroissement de masse lié à l'hybridation et de la disparition de certaines silhouettes ou version lourdes (diesel, moteurs de forte puissance...)*
- *un allègement du même ordre de grandeur pour les véhicules électriques hors batterie (combinaison de l'allègement au niveau de la silhouette et d'une évolution du marché de la citadine vers la familiale). Côté batterie, des évolutions majeures sont attendues concernant la densité énergétique des batteries (puissance massique du pack batterie doublée par rapport aux produits vendus en 2019).*

¹⁸ Le marché mondial des VP est un marché essence. Les VP diesel sont une particularité ouest européenne, sud coréenne et indienne. La pression environnementale, sociétale et la globalisation du marché automobile va très probablement conduire les constructeurs à abandonner le diesel VP, en dépit de sa bonne efficacité énergétique et CO2.

Parc de véhicules « polyvalents » ou spécialisation ?

Nous avons opté pour un parc de VP polyvalents plutôt que deux : un de véhicules dédiés à la mobilité quotidienne, et un de véhicules dimensionnés pour la mobilité occasionnelle/longue distance :

- *La spécialisation conduit à accroître fortement la taille du parc (car il existe des pics d'utilisation de chaque parc : « tout le monde part en même temps en vacances », « tout le monde va au travail à la même heure »). Cela conduit à une immobilisation de matériaux et de financements accrue.*
- *Entre un parc de véhicules sobres polyvalents et la vision à deux parcs, il n'est pas certain qu'il y ait une grande différence consommation d'énergie.*
- *Le développement d'un parc de petits véhicules électriques dédiés à la mobilité du quotidien peut :*
 - *Conduire à freiner la sortie de l'autosolisme, et d'un urbanisme pensé autour de la voiture.*
 - *Rentrer en compétition avec le report modal visé vers les 2REL, VAE et autres cycles. Dans ce contexte, des véhicules tels l'AMI ou le Twizy, sont à envisager en compétition des 2REL et VAE ; et à arbitrer dans une approche multi-facteurs.*

3-Accompagner l'évolution de l'usage du parc

La vision portée par les secteurs de la mobilité quotidienne et longue distance ainsi que les secteurs du fret conduit à une réduction de la mobilité du parc VP (-35 % environ) et dans une moindre mesure VUL (-10 %).

Cette forte réduction de la mobilité du parc VP est issue en particulier d'une baisse de la part modale de la voiture dans la mobilité des personnes et par une croissance du taux de remplissage des voitures par développement du co-voiturage, y compris pour la mobilité du quotidien.

L'impact direct (et en 1^{er} ordre proportionnel) de cette évolution est une baisse des marchés des véhicules neufs mais aussi des activités aval : commerce, pièces détachées, entretien, assurance et distribution.

La baisse de part modale des VP et VUL s'accompagne non seulement du développement du covoiturage ou de services d'optimisation de l'usage des VUL, mais aussi d'un accroissement majeur de la part modale des vélos, VAE, et autres 2 (ou 3) Roues Electriques Légers.

Dans ce contexte, le 3^{ème} axe propose d'orienter le secteur « Industrie automobile » afin de saisir les opportunités de création de valeur que représentent ces transformations, opportunités qui peuvent permettre de compenser la perte d'activité traditionnelle du secteur liée à la baisse de mobilité du parc. Ainsi nous proposons :

- un développement des activités de services de covoiturage, en particulier pour les besoins de mobilité du quotidien ;
- le développement d'activité de production et de service pour les cycles, cycles électrifiés, 2REL, produits qui ont été historiquement proposés par les constructeurs automobile et pourraient donc le redevenir !

Note : Les impacts en termes de flux de matière, de GES sur le territoire français et d'emploi seront évalués dans la suite des travaux du PTEF.

IV- L'industrie automobile après transformation

Impact de la transformation des usages (Mobilité Longue Distance & Quotidienne, Fret) sur le marché du neuf :

Bilan VUL Vision référence	Unité	Situation initiale	Situation finale PTEF	Variation
Mobilité parc auto VP Fr	Gvkm	450	298	-34%
Marché auto	Mveh/an	2,1	1,4	-34%
Électrification du marché et du parc (vision conservatrice afin d'assurer la robustesse du scénario)	%	Marché : 1,4% Parc : négligeable	70%	Part des véhicules disposant d'un moteur thermique divisé par 3. Le parc restant est alimenté en bioéthanol, biogaz ou e-fuels

Le parc VP s'est ainsi transformé de manière structurelle : il est composé principalement de véhicules sobres électriques (70 % des véhicules et des km parcourus, hypothèse de capacité batterie de 50kWh), et de véhicules thermiques sobres type 2l/100km¹⁹ (30 %). Ces véhicules sobres présentent de nouveaux compromis confort / sécurité / équipement et les silhouettes hautes (monospaces, SUV, ludospace qui n'existaient pas avant les années 1990) ont quasiment disparu du parc, sans pour autant que les véhicules 2050 ne permettent pas de transporter une famille.

Nota 1 : Dans la vision référence ci-dessus, un rebouclage complémentaire reste à réaliser afin d'assurer la capacité des secteurs agriculture, forêt et énergie à alimenter le parc en bioéthanol, biogaz voire e-fuels dans des conditions environnementales durables.

Nota 2 : La vision référence considère des véhicules électriques à batterie ou des véhicules thermique hybrides. Des études en sensibilité portant sur le dimensionnement des batteries ainsi que les options telles que les hybrides rechargeables et/ou range extender restent à réaliser.

Bilan VUL Vision référence	Unité	Situation initiale	Situation finale PTEF	Variation
Mobilité parc auto VP Fr	Gvkm	120	108	-10%
Marché neuf	Mveh/an	0,45	0,4	-10%
Électrification du marché et du parc		Négligeable	100%	Ambition à consolider (voir ci-dessous)

Pour le cas des VUL, le scénario porté par le secteur Fret conduit à un parc totalement électrifié, à l'horizon du PTEF. Des progrès sur la masse, l'aérodynamique, les pertes par frottement des véhicules ont eu lieu mais sans rupture significative des caractéristiques VUL.

Compte tenu des incertitudes quant à la capacité des offres électriques à répondre à l'ensemble des besoins des utilisateurs de VUL, nous proposons d'étudier dans la suite du plan le recours à l'hydrogène issu de l'électrolyse ou de biogaz qu'il faudra qualifier en termes d'enjeu

¹⁹ Consommation à l'usage de 3l/100km de SP95

CO₂ et environnement, de performance économique et d'emploi, ainsi que de cohérence avec la stratégie énergétique française.

Impact de ces transformations sur les activités du secteur et l'emploi :

Nous avons réalisé une première évaluation de l'impact de ces transformations sur les emplois et ce pour les différents types d'activité du secteur :

- Les activités de production et les activités « amont » (conception et fabrication des véhicules et de leurs composants), leurs emplois étant directement impactés par :
 - l'évolution du volume du marché du neuf : nous avons considéré un impact sur l'emploi proportionnel à la taille du marché ;
 - la pénétration des véhicules électriques, leur conception et fabrication étant moins intensive en emploi : nous avons considéré une hypothèse de -20 % sur l'ensemble des activités.
- Les activités de commercialisation, distribution de véhicules neufs : nous avons considéré un impact proportionnel au volume de véhicules vendus.
- Les activités d'entretien, réparation, pièces détachées : le volume d'activité et les emplois ont été considérés proportionnels à la mobilité du parc. Les véhicules électriques nécessitant moins d'entretien, ils conduiront à une baisse de l'activité et des emplois. Ce facteur n'a pas été quantifié faute de données de référence suffisamment caractérisées.

Note : les impacts ont été quantifiés : hors évolution de localisation (relocalisation ou délocalisation), et donc hors création d'emploi liée à la relocalisation d'une partie de la chaîne de valeur batterie ; hors poursuite de la tendance historique de réduction des emplois du secteur auto en France (depuis 2005, baisse de plus de 3% par an en moyenne, correspondant à une perte de 120 000 ETP). En considérant implicitement que l'ensemble du marché européen suit la tendance du marché français, conduisant ainsi à un impact dans les proportions du marché français sur l'ensemble des activités de production et activité « amont » en France.

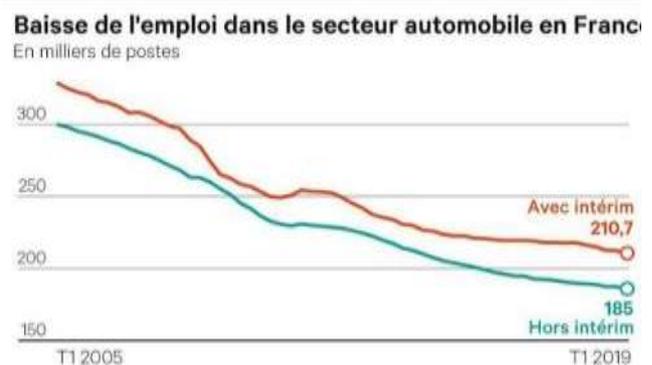


Tableau de synthèse :

BILAN VP et VUL	Situation Initiale	Effet mobilité parc	Effet allègement ²⁰	Taux électrification	Batterie France	Situation finale PTEF
Taille du marché (Mveh/an)	VP : 2,1 VUL : 0,45	VP : 1,4 VUL : 0,4				VP : 1,4 VUL : 0,4
part véhicules électriques	VP : 1,9% VUL : 1,8%			VP : 70% VUL : 100%		VP : 70% VUL : 100%
part thermiques et hybrides	VP : 98,6% VUL : 98,2%			VP : 30% VUL : 0%		VP : 30% VUL : 0%
Masse moyenne VP	1260kg					
Empreinte fabrication d'une VP thermique	6tCO ₂ e		5,4tCO ₂ e			5,4tCO ₂ e
Empreinte fabrication d'une VP électrique	11tCO ₂ e ²¹		10tCO ₂ e		7,5tCO ₂ e ²²	7,5tCO ₂ e
Empreinte annuelle fabrication de VP neuves	13MtCO ₂ e	8,6MtCO ₂ e	7,7MtCO ₂ e	12MtCO ₂ e	9,6MtCO ₂ e	9,6MtCO ₂ e
Emplois production automobile (y compris emplois indirects, dont industrie lourde)	484 000	341 000	341 000	313 000	(cf. fiche Industrie)	313 000 ^{23,24}
Emplois aval : commerce, réparation... (hors assurance, LLD, experts)	407 000	288 000	288 000	À évaluer	À évaluer	À évaluer

²⁰ Hypothèse d'allègement global de 10%, impact batterie à préciser.

²¹ e-2008 - <https://climobil.connecting-project.lu/>

²² Hypothèse de division par deux de l'empreinte GES de la batterie – à préciser

²³ Hors évolution de localisation (relocalisation ou délocalisation).

²⁴ Hors création d'emploi lié à la relocalisation d'une partie de la chaîne de valeur batterie / suppose une tendance homogène sur le marché européen.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Fret

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le fret dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs, exclusions

- Le fret comprend l'ensemble des transports commerciaux de marchandises réalisés en France
- Ces transports commerciaux peuvent être réalisés selon plusieurs modes : seuls – transport routier, fluvial, ferroviaire, poids lourd (PL), véhicule utilitaire léger (VUL), vélo cargo, triporteur, piéton...ou en mode combiné : rail route, autoroute ferroviaires, deux-roues motorisés, vélo, bus, métro, tramway, trains régionaux...)
- Le fret va ainsi de transports longue distance d'un côté aux livraisons relativement courtes opérées dans le dernier kilomètre – c'est-à-dire depuis le dernier point de stockage ou manutention, au client final.
- Ce secteur inclut différentes activités professionnelles : les chauffeurs pour les poids lourds, les chauffeurs-livreurs pour les VUL, les livreurs, les équipes de manutention qui chargent et déchargent les produits comme les dockers sur les ports, les conducteurs de train, les capitaines de péniches et divers métiers liés à l'utilisation des fleuves et canaux comme les éclusiers.
- Les services relatifs aux véhicules (entretien, réparation, vente, location...) sont considérés dans le périmètre de la fiche sur l'industrie automobile pour les VUL, et l'industrie des transports pour les PL
- Le fret dépend d'autres secteurs : l'industrie automobile et l'industrie des transports pour produire les véhicules nécessaires pour assurer le transport des marchandises; l'industrie du génie civil pour produire les infrastructures (routes, rails, système de caténaires, ouvrages d'art...) qui sont en support du fret. Les points de préparation et de conditionnement des marchandises que sont les entrepôts logistiques et les emplois associés sont également des dépendances premières.
- Le fret ne fonctionne pas de manière isolée dans notre société dans une démarche de transformation de l'économie :
 - Les véhicules utilitaires légers (VUL), qui servent majoritairement pour transporter des marchandises peuvent aussi servir à la mobilité des personnes. Il y a la catégorie des artisans qui peuvent d'une part utiliser leurs véhicules à titre professionnel et à titre personnel, a qui d'autre part ne transportent pas du fret dans la mesure où ils ne sont pas spécifiquement rémunérés pour ce transport, mais plutôt pour le service lié (maçonnerie, plomberie etc).
 - Les infrastructures support du fret sont également support de la mobilité longue distance avec plus ou moins de recoupements : les voies ferrées aux abords des grandes agglomérations et les gares des agglomérations servent pour beaucoup à la mobilité quotidienne et la mobilité longue distance, mais également pour le transport de marchandises par train. Cela peut mener à des goulots d'étranglement et des choix à faire entre ces usages d'une même infrastructure. Il en va de même pour le réseau routier.
 - Les infrastructures énergétiques alimentant le fret sont partagées avec celles de la mobilité longue distance et celles de la mobilité quotidienne. Actuellement, les stations-services (fournissant en grande majorité des produits pétroliers) sont les infrastructures de l'ensemble de ces mobilités.
 - Les évolutions de l'emploi, et de sa localisation (emploi concentré à certains endroits du territoire, ou réparti de manière plus diffuse), influenceront sur les besoins de mobilité.
 - Les évolutions urbanistiques impacteront le fret dans sa partie logistique urbaine – à la fois sur les modes de transport utilisés, ainsi que sur le nombre d'acteurs pouvant opérer sur un territoire donné
 - L'achat de biens de consommation requiert que le bien atteigne le domicile de l'acheteur. Le « dernier kilomètre » pour atteindre le domicile peut soit être effectué par l'acheteur dans le cadre de sa mobilité quotidienne, soit par un transporteur de marchandises. Cela constitue une interaction entre le secteur du fret et celui de la mobilité quotidienne.

- Cette fiche se concentre très largement sur les propositions permettant de transformer le transport de marchandises « intérieur », c'est-à-dire à l'exclusion du fret en transit. Par conséquent, les modes aérien et maritime ne sont pas couverts par cette fiche.
- Par ailleurs, le transport par oléoduc est également exclu de cette fiche.

Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes

- Des recherches et estimations d'ordres de grandeur ont été menées pour établir les grands axes de transformation du fret et son exécution après la transformation de l'économie selon notre PTEF. L'équipe de 3 personnes chargée de ce travail a notamment mené une vingtaine d'entretiens téléphone/visio avec des dirigeants de sociétés opérant dans le secteur du fret (transporteurs, chargeurs, constructeurs de véhicule, fédération sectorielle, enseigne e-commerce etc.) avec en appui les références de littérature et les données disponibles dans le domaine.
- L'équipe fret a échangé avec les secteurs de l'urbanisme, de l'industrie automobile et de l'industrie des transports, de la mobilité quotidienne, de l'éducation et de la finance.
- Elle a aussi participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière, en partenariat avec les secteurs de la mobilité quotidienne et longue-distance.

II- Notre point de départ

Description du fret actuel (flux physiques, impacts)

- Pour quantifier le fret, la mesure généralement utilisée est le tonne/kilomètre, c'est-à-dire combien de marchandises transportée sur quelle distance. En 2018, ce sont 368 milliards de tonnes.kilomètres de marchandises qui ont été transportées en France¹. C'est 5500 t transportées sur 1 kilomètre par habitant et par an. Cela équivaut également à environ 280 000 camions de 33 tonnes qui font le tour de la Terre. Autre illustration, le total des marchandises transportées représente la même chose que le dôme du Panthéon pesant 17 000 tonnes ² qui serait transporté de Paris à Marseille (soit une distance de 660 km)... 32 800 fois !
- Ce transport se fait par les modes suivants (hors oléoduc)³:

Mode	Part des tkm	Valeurs en Gt.km
Routier	89 %	317
<i>Dont VUL</i>	6,9%	24,5 ⁴
Ferroviaire	9,0 %	32
Fluvial	1,9 %	6,7
Total	100%	356

- Les distances moyennes annuelles parcourues pour le transport routier⁵:

Mode	Kilométrage moyen annuel
VUL	15 900
Poids Lourd	33 000

¹ Datalabs – chiffres lefs du transport, avril 2019, page 31

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Panth%C3%A9on_%28Paris%29

³ Datalabs – chiffres clefs du transport, avril 2019, page 33

⁴ datalab-52-chiffres-cles-du-transport-avril2019 page 34

⁵ https://www.insee.fr/fr/statistiques/2045167#tableau-figure1_radio2

- Les taux de remplissage moyens sont les suivants⁶

Mode	Taux de remplissage (t)
PL	7,5
VUL	0,24
Ferroviaire	500
Fluvial	550

- La répartition de transport routier de marchandises (TRM) par fourchette de distance⁷

Fourchette de distance	Part des t.km
Moins de 150km	27 %
Entre 150 km et 500 km	46 %
Plus de 500 km	27 %

En termes d'énergie, le transport de fret consomme environ 16 Mtep/an, à plus de 97 % sous forme de diesel, soit environ 280 L de diesel/an/habitant.

Vecteur	Part du vecteur pour le fret
Pétrole	91,5 %
Biocarburants	8 %
Electricité	0,5 %
Gaz « naturel »	0 %
Total	100 %

- La consommation d'énergie (à l'usage) du fret en métropole génère environ 44 MtCO₂eq/an, soit environ 9 % des émissions de la France. Voici le détail des émissions par type de transport de fret⁸ :

Mode	Part des émissions de MtCO ₂ eq/an du mode pour le fret	Quantité de CO ₂ en MtCO ₂ eq/an
Poids lourds	50 %	22
VUL	48 %	21
Ferroviaire	1 %	~0,3
Fluvial	1 %	0,2
Total	100	44

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux

- Dominée par le transport thermique le fret représente environ 10 % des émissions territoriales de la France, ce qui en fait un secteur important à décarboner. La mobilité totale (personnes et marchandises) dépend à 95 % du pétrole. Baisser cette dépendance aux importations d'hydrocarbures est indispensable pour la résilience du secteur.
- Le secteur du transport de marchandise est une activité à faible marge : 1,6%⁹ pour le transport routier par exemple. Le secteur est hyper concurrentiel, et souffre également d'une forme de « dumping social » dont le cabotage (faculté accordée à titre temporaire à un transporteur européen, non-établi en France, titulaire d'une licence communautaire, de réaliser un transport intérieur sur le territoire national) est une forme à certains égards. Cependant, l'industrie du fret représente 3,5% du PIB et offre plus de 900 000 emplois¹⁰.

⁶ Selon les données disponibles dans les Comptes des transports en 2018 : Datalab (CGDD, 2019) pour les VUL et PL, dans Le transport ferroviaire de marchandises en hausse en 2017 (CGDD, 2019) pour le ferroviaire, et sur une estimation basée sur les données de l'étude Efficacité énergétique et environnementale du transport fluvial de marchandises et de personnes (ADEME, 2019) pour le fluvial.

⁷ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-sur-le-transport-routier-de-marchandises-trm-en-france-et-en-europe?rubrique=62etdossier=1341> (1.2. Transports routiers de marchandises sous pavillon français selon la classe de distance en charge)

⁸ Selon les facteurs d'émissions de la base carbone ADEME et les consommations d'énergie reportées dans Datalab (CGDD, 2019) Les comptes des transports en 2018.

⁹ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/economie-du-secteur-du-transport-marchandises-trm>

¹⁰ Datalab Chiffres clés du transport Édition 2019

- La vulnérabilité du fret est double :
 - sa grande dépendance aux carburants liquides fossiles. En cas de baisse subie de l’approvisionnement pétrolier en France (qu’on pourrait imaginer comme une combinaison de périodes de pénurie en pétrole et d’une hausse rapide du prix du pétrole), seuls les transports très courts/légers/à faible intensité carbone pourront s’accomplir. Au vu de l’importance de toute la supply chain pendant le confinement dans durant la pandémie du COVID-19 –approvisionnement des magasins alimentaires, hôpitaux- il est primordial pour la France de transformer son réseau de transport de marchandises pour en renforcer la résilience et la souveraineté.
 - La complexité et l’étalement des chaînes logistiques contribue à fragiliser le secteur. Plus la distance est longue, plus il y a d’opérateurs et de ruptures de charge sur un transport donné, plus il a de risques qu’un élément de la chaîne soit empêché, mettant en cause l’ensemble de la chaîne. C’est ce que nous avons vu pendant la crise COVID-19 où les transports depuis la chine ont été interrompus avec impact sur l’industrie en France¹¹.

III- Le chemin proposé par le PTEF

Le travail a consisté à analyser les solutions pour réduire les différents facteurs d’émission du fret. A un niveau macro cela se traduit par le fait de transporter moins loin, et/ou transporter moins lourd, et/ou transporter de manière moins carbonée, et/ou simplement transporter moins. Cela se décline en plusieurs axes, qui sont détaillés ci-dessous. Il est clair que la décarbonation de ce secteur sera le fruit de la combinaison de l’ensemble de ces axes de transformation.

Il sera précisé dans un document d’approfondissement construit avec les acteurs du secteur, les mesures opérationnelles permettant de prendre les orientations décrites au bon rythme.

1- Diminuer les distances parcourues pour le transport de marchandises

a. Réduire les flux de marchandises sur le territoire

- Le PTEF propose de rendre les territoires partiellement autonomes en nourriture, ce qui permet de réduire de 80 % les flux de marchandises agricoles et alimentaires transportées (voir fiche sur l’agriculture et l’alimentation), soit une réduction du besoin global de fret de l’ordre de 20 %¹².
- Nous n’avons pas encore estimé l’évolution du besoin en transport de marchandises dans les autres secteurs. Nous supposons pour l’instant que les besoins restent constants par ailleurs.

b. Réduire les échecs de livraison du e-commerce

- Le PTEF propose de réduire les flux de e-commerce, particulièrement pour les articles vestimentaires, en réduisant, voire annulant les échecs de livraison. En effet, les échecs peuvent représenter jusqu’à 25% du flux aller dans le e-commerce.
- Cette réduction du taux d’échec de livraison passerait par l’installation dans les centre-villes, gares, lieux de commerce, de consignes de quartier. Cela prend la forme de consignes automatiques comme celles exploitées par Amazon (Locker) ou La Poste (Pickup), mais bien sûr celles-ci doivent être ouvertes et accessibles pour tous les opérateurs. Cela permet de livrer un volume conséquent sur un seul point de livraison, et permet ensuite au consommateur d’y accéder à pied ou en vélo.
- Nous n’avons pas encore estimé la réduction du besoin de transport qu’on pourrait obtenir grâce à une telle massification.

¹¹ <https://theconversation.com/coronavirus-un-revelateur-de-la-fragilite-du-systeme-logistique-mondial-132780>

¹² On peut estimer à 27 % la part de l’alimentaire et des produits de l’agriculture par transports lourds, dans le besoin global de transport en métropole (Datalab (CGDD) Les comptes des transports en 2018, p127).

2- Le report modal

La très grande majorité du transport de marchandises est aujourd'hui fait par la route, qui est quasiment entièrement dépendante aux énergies fossiles, et par conséquent source principale des émissions de gaz à effet de serre du secteur. En parallèle des autres axes, il est nécessaire de moins transporter par la route, et un moyen de ce faire est d'utiliser les solutions alternatives de transport de fret que sont les réseaux ferroviaire et fluvial pour la moyenne et longue distance, puis les modes doux (piéton, vélo cargo, triporteurs) au sein de la logistique urbaine.

c. Report général vers les modes moins carbonés

Le report modal dans le fret peut se faire sous certaines conditions :

- Le report s'effectue d'autant plus facilement que les produits transportés sont peu ou pas périssables. Le routier permet des flux plus tendus que les modes ferroviaire ou fluvial. Certains produits peuvent donc être reportés sur ces modes « moins flexibles », étant donné la moindre urgence à les livrer. Étant donnée la forte réduction des besoins de transport des produits agricoles et alimentaires suite au PTEF, la majeure partie des produits transportés répondent à cette condition.
- Le report peut s'effectuer sans perte de temps significative, à condition que des infrastructures ferroviaires ou fluviales soient présentes proches des sites logistiques. Ainsi, le PTEF propose que les nouveaux sites logistiques s'installent sur des emplacements où le multimodal est possible - soit fluvial et ferroviaire, en plus de la route.

d. Report vers le fluvial en particulier

- Le report vers le fluvial est possible à condition que les infrastructures soient capables d'accueillir l'augmentation de flux. Le PTEF suppose donc que les infrastructures sont performantes et en bon état, et que la flotte de péniches l'est aussi.
- Le PTEF propose par exemple d'exploiter les infrastructures existantes en 16m de large plus intensément en assurant une fiabilité très haute aux voies de 16m. Aujourd'hui le plus gros du transport fluvial passe par les voies de 12m car en cas de problème technique les barges peuvent passer par celles de 16m, mais l'inverse n'est bien sûr pas possible.
 - ➔ Nous n'avons pas encore pu estimer la capacité de transport total du fluvial par des raisonnements « physiques », ni les investissements qui seraient nécessaires à ce que cette capacité soit assurée. Nous prenons pour l'instant l'hypothèse une multiplication par 9 environ du flux transporté par le fluvial (hypothèse qui semble crédible à dire d'experts du secteur, si les investissements nécessaires sont réalisés).

e. Report vers le ferroviaire et les transports en commun

Le report modal vers le ferroviaire est favorisé dans le PTEF par une augmentation des chemins possibles par le fer, et par une augmentation de la fréquence du service de transport ferroviaire. Cela augmente les possibilités offertes par le fer, et donc l'attractivité de ce service, et assure aux chargeurs qui choisissent le ferroviaire qu'une solution de repli sera disponible rapidement (en moins de 12h) en cas de retard du préacheminement qui aurait empêché le chargement de la marchandise sur le train.

- Pour accompagner le report modal sur le transport ferroviaire, le PTEF suppose que 6 à 10 nouveaux terminaux ferroviaires ont été construits en fonction des besoins relevés au niveau national et territorial.
- L'augmentation de fréquence suppose notamment d'exploiter 100% des tracés des lignes à grande vitesse qui ne le sont pas actuellement la nuit, pour transporter le fret (à l'image de ce qui était fait avec le TGV postal¹³ qui a été arrêté en 2015, qui transportait courrier et colis).
- Le PTEF propose de transporter du fret dans les trains et trams qui roulent déjà, par exemple les TGV courts (8 rames) où on peut doubler la quantité de voitures puisque des TGV à doubles

¹³ https://fr.wikipedia.org/wiki/TGV_postal

rames circulent lors de jours et horaires de forte affluence. Bien entendu il devra s'agir de wagons spécifiques comme ceux utilisés par le TGV postal par exemple, en prenant en compte les contraintes de poids embarqué pour respecter les contraintes techniques liées au freinage, aux virages etc.

- Le PTEF propose d'étendre à tout le réseau la possibilité de prise en charge du fret en « wagon isolé » (c'est-à-dire acheminer des wagons ou groupes de wagons, qui peuvent se réassembler en fonction des besoins dans les gares de triage).
- Il est possible – moyennant des agencements d'intérieur polyvalents, de transporter du fret dans les trains, trams et bus qui roulent déjà. En effet, ceux-ci sont souvent plus que pleins lors des horaires de pointe, mais beaucoup moins en milieu de matinée ou d'après-midi. Au vu des taux de remplissage des TGV, Intercités et TER en 2016 – respectivement de 67%, 42% et 25%-il y a un potentiel gisement à court terme qu'il peut être assez facile techniquement d'exploiter.
 - ➔ Nous n'avons pas encore pu estimer l'augmentation possible des fréquences de trains de fret, et de l'offre de chemins possibles. Une telle estimation doit tenir compte de la disponibilité des infrastructures, (gares, réseau ferré, entrepôts...) qui sont également utilisées de manière plus intensive pour le transport de passagers dans le PTEF. Nous supposons pour l'instant un triplement du fret ferroviaire par rapport à aujourd'hui (hypothèse proche de celle proposée par l'IDDRI dans ses scénarios sur le fret¹⁴). pour passer de 9 % à 28,8 %. A titre de comparaison, des pays voisins comme la Belgique, l'Autriche et la Suisse ont un taux de fret ferroviaire qui est de 30% aujourd'hui.¹⁵

f. Report vers les modes doux (vélo cargo, triporteurs)

- Le PTEF propose de reporter une partie des livraisons faites aujourd'hui en VUL en milieux urbains vers des modes actifs, par des tournées plus petites et denses, opérables en vélo (cargo) ou en triporteurs, avec ou sans assistance électrique, voire en mode piéton dans des contextes particuliers.
- Pour que les circuits du dernier km puissent se faire par ces modes actifs plutôt qu'en véhicule utilitaire, il faut des espaces fonciers dans les villes qui servent de point d'avitaillement en marchandises. Un triporteur peut emporter 1m³ par exemple, ce qui est 3 à 4 mois qu'un petit VUL. Pour que le livreur puisse effectuer suffisamment de livraisons (et être correctement rétribué), il doit donc pouvoir retourner à un point de recharge de produits à livrer.
- Cet espace d'avitaillement est pris sur une partie des parkings urbains qui sont libérés par la forte baisse de l'usage de la voiture dans les centres urbains. Les parkings hyper urbains servent ainsi de point d'avitaillement des livreurs en vélo, en vélo cargo etc. Les espaces libérés¹⁶ dans les parkings ou parcs relais (aux abords des gares) situés en périphérie fonctionnent comme des dépôts et espaces de stockage plus conséquents.
 - ➔ Nous n'avons pas encore pu estimer la part du fret urbain du dernier kilomètre qui pourrait être reporté vers les modes actifs. Nous supposons pour l'instant un report de 10 % des distances parcourues par les VUL sur les modes actifs¹⁷.

g. Augmenter les taux de chargement par une massification des flux de livraison urbains

- Le PTEF propose de massifier les flux de livraison urbains (dernier kilomètre, livraisons alimentaires ou de colis). La massification permet notamment d'augmenter le taux de chargement sur le flux aller (aujourd'hui estimé à 60-70%, soit 30 à 40% de vide)¹⁸.
- Cela se ferait par des livraisons moins fréquentes, sur un créneau horaire donné, ou sur certains jours de la semaine seulement. Par exemple dans le centre-ville de Strasbourg les véhicules sont

¹⁴ Trajectoire de décarbonation profonde du transport de marchandises en France, DDP / IDDRI (2019), scénario 2.

¹⁵ Le Fret Ferroviaire pour concilier relance économique et écologie, Juin 2020, Alliance 4F

¹⁶ Par une place plus grande prise par le vélo, et une place moindre prise par la voiture, soit au global un gain net d'espace.

¹⁷ Si cette hypothèse venait à évoluer à la baisse, elle changerait peu les résultats en termes de consommation d'énergie et de matériaux, et d'émissions de GES.

¹⁸ https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?routier.htm

autorisés le matin uniquement, jusqu'à 10h30 pour les véhicules thermiques et jusqu'à 11h30 pour les véhicules électriques et GNV19. Autre exemple : si aujourd'hui l'alimentaire est livré 5 jours sur 7 (donc sauf dimanche et lundi), il est possible de ne livrer que 4 jours par semaine.

- Cela requiert en contrepartie que les magasins augmentent leurs stocks (pour l'alimentaire), et que les particuliers puissent accéder à leur colis même si la fréquence de livraison est moindre (présence de consigne, livraison aux voisins, boîtes aux lettres plus grandes, etc., c'est-à-dire, de nouvelles capacités de stockage).
 - Cette massification peut également se faire en réorganisant les acteurs transporteurs sur un territoire. Il est fréquent aujourd'hui de voir nombre d'opérateur exécutant le même service (livraisons alimentaire ou de colis), le même jour, dans le même créneau horaire, dans les mêmes rues, ce qui participe à fractionner les marchandises, et à avoir des véhicules moins remplis. De même, certaines portions de trajet se font à vide, alors qu'elles pourraient répondre à un besoin de transport de marchandise par un autre opérateur.
- Nous n'avons pas encore estimé la réduction du besoin de transport qu'on pourrait obtenir grâce à une telle massification.

3- Les gains d'efficacité

Le PTEF suppose quelques évolutions techniques et organisationnelles qui permettent chacune des légers gains de consommation pour différents type de véhicules. Pour certaines d'entre elles, le délai d'implémentation est très court (réduction de vitesse maximum autorisée), alors que d'autres nécessitent du temps de recherche et développement puis de fabrication industrielle.

- Suite au PTEF, les poids lourds sur autoroute passent par les voies de télépéages sans s'arrêter, et à des vitesses supérieures à ce qui se pratique aujourd'hui (50 km/h au lieu de 30 km/h), grâce à des aménagements techniques sur les péages. Cela permet de réduire la consommation nécessaire pour que les PL retrouvent leur vitesse stabilisée.
- Les gains sont a priori marginaux par rapport à aujourd'hui, nous les négligeons par la suite.
- Que les véhicules soient à motorisation thermique ou électrique, le suivi des modes de conduite des chauffeurs de VUL est généralisé, notamment pour s'assurer de la mise en œuvre des principes de l'éco-conduite. Cela peut se faire par l'installation et l'activation de la télématique, qui permet un suivi de la conduite des chauffeurs de VUL notamment – car cela est déjà largement le cas pour les PL. Les véhicules étant électriques, cela permet d'économiser la consommation énergétique et de maximiser la durée de vie des véhicules.
- Nous n'avons pas encore chiffré les réductions de consommation auxquelles on pourrait s'attendre grâce à l'éco-conduite, ni les effets sur la durée de vie des véhicules. Nous les supposons pour l'instant nuls, par un raisonnement prudentiel.
- En zones urbaines, où l'espace de circulation est restreint, circuler la nuit permet une moindre consommation en évitant les congestions (principalement de 2-roues électriques, les voitures étant rares dans les zones urbaines après transformation de la mobilité quotidienne). En conjonction avec un taux fort de conversion vers des VULs électriques, le PTEF propose donc des créneaux de livraison nocturnes pour les opérateurs bénéficiant de labels comme « Certibrui ». Le moteur thermique n'étant pas la seule source de bruit (ouverture/fermeture de portes, transport de palettes etc), il faut veiller à ce que l'ensemble des opérations ne génère pas de nuisance sonores.
- La réduction de consommation d'énergie due à cette transformation, non encore estimée, devra être mise en regard du niveau de pénibilité à travailler de nuit.
- Afin de réduire la consommation, la vitesse maxi des PL de plus de 3,5 tonnes sur réseaux concédés passe de 90 à 80 km/h, et de 80 à 70 km/h sur réseaux non concédés.

¹⁹ <https://www.strasbourg.eu/nouvelles-regles-de-livraison-au-centre-ville>

- ➔ Nous n'avons pas encore estimé la baisse de consommation que cela entrainerait. Nous la supposons pour l'instant nulle, par un raisonnement prudentiel.
- Un gain d'efficacité assez évident peut être obtenu en permettant aux transporteurs d'atteler 2 remorques pour un tracteur, réduisant ainsi l'intensité carbone du fret transport – dans le cas de marchandises plus volumineuses que lourdes. Techniquement du point de vue des poids lourds cela est possible dès aujourd'hui, et concernant l'infrastructure des analyses devront mettre en exergue les axes les plus « rentables » à aménager (pas créer) pour les rendre compatibles avec ces transports routiers longs.
 - ➔ Nous n'avons pas encore étudié la quantité de flux qui pourrait être concerné par ce gain d'efficacité. Nous ne savons donc pas encore dire à quel point il permettrait de réduire la consommation d'énergie du fret. Nous supposons pour l'instant, par un raisonnement prudentiel, cette réduction nulle.
- Le poids total à vide des tracteurs et remorques est réduit de 10% par rapport à aujourd'hui. Cela permet de réduire la consommation d'énergie de 5%²⁰.

4- Décarboner les moyens de transport existants

Les réductions de volume transporté sur des distances plus courtes permettent de réduire la consommation énergétique, les reports modaux y contribuent aussi. Néanmoins le transport routier – surtout- doit être décarboné.

h. Les VULs s'électrifient

- Par nature la logistique urbaine se joue sur des distances relativement courtes, avec des charges plus légères, où la motorisation électrique des VUL est très adaptée. Des contraintes existent sur le plan de l'avitaillement, mais une proportion des chauffeurs/livreurs peuvent recharger à domicile si ceux-ci rentrent en habitat individuel ou copropriété équipé. Les véhicules des chauffeurs qui retournent au dépôt pour y laisser les véhicules de service peuvent être rechargés la nuit sur des infrastructures peu coûteuses.
- Nous supposons donc dans le PTEF une électrification complète du parc de VUL.

i. Autres vecteurs énergétiques

- Utiliser des vecteurs énergétiques faiblement carbonés pour réduire les émissions provenant principalement du secteur routier. Le transport routier est assuré par l'électrique (batterie) pour les moyennes distances et par des motorisations hybride (électrique/ hydrogène) ou hydrogène seul pour les plus longues distances.
- Dans le ferroviaire, certaines lignes sont électrifiées au cas par cas en fonction de leur rentabilité carbone estimée. Sur ces lignes, les motrices diésel sont remplacées par de l'électrique. Sur les autres lignes, on peut imaginer que des motrices à l'hydrogène, ou hybrides (électrique/ hydrogène) se déploient, selon des hypothèses semblables à celles prises dans le cadre de la mobilité longue distance.
- Pour le fluvial, les motorisations des barges passent à l'hydrogène (avec une pile à combustible et un moteur électrique). A quai, l'infrastructure d'électrification « on-shore » permet aux bateaux de fonctionner à l'énergie électrique plutôt qu'aux énergies fossiles comme c'est actuellement le cas. Des actions de ce type sont déjà en cours pour les ports maritimes²¹.
 - ➔ Ces besoins en vecteurs énergétiques « denses et transportables » sont pris en compte dans la fiche sur l'énergie. Cette fiche fait le bilan des options possibles pour répondre à ces besoins.

²⁰ <https://www.itf-oecd.org/tcad-measures>

²¹ <https://www.20minutes.fr/planete/environnement/2597691-20190906-marseille-region-engage-brancher-tous-bateaux-quai-2025>

IV- Le fret après transformation

Description physique de la mobilité quotidienne après transformation

- Après la transformation, le fret transporte moins de marchandises alimentaires, moins loin. Nous estimons pour l'instant que les réductions de volume et de distance permettent une baisse d'environ 20% des t.km, pour passer à 4300 t.km/hab/an (contre 5 500 t.km/hab/an actuellement).
- L'accessibilité aux biens (que l'économie propose après transformation) est assurée.
- Les distances parcourues par les marchandises se répartissent après transformation selon les modes suivants :

Mode	Part des t.km effectués (actuelle)	Part des t.km effectués (après PTEF)
Routier (de plus de 3,5 t)	82 %	45 %
VUL (moins de 3,5 t)	7 %	6 %
Ferroviaire	9 %	29 %
Fluvial	2 %	19 %
Tramway	0 %	0 %
Modes actifs	0 %	1 %

- Les VUL et les PL sont plus remplis qu'actuellement suite au PTEF. Cependant, à défaut d'estimation et dans une approche prudentielle, nous supposons pour l'instant dans nos calculs que les taux de remplissage n'ont pas évolué.
- L'éco-conduite, la réduction des vitesses moyennes, et les autres axes d'efficacité sont en place. Cependant, à défaut d'estimation et dans une approche prudentielle, nous supposons pour l'instant dans nos calculs qu'ils n'ont pas d'effet sur les consommations.
- Les VUL sont tous motorisés à l'électrique, et la consommation des PL est 5 % inférieure à l'actuelle.

Les impacts énergie-climat du fret après transformation

- Les besoins de fret génèrent la consommation d'environ 6 Mtep/an (contre 16 actuellement), à 72 % sous forme liquide ou gazeuse, et à 28 % sous forme d'électricité. C'est l'équivalent d'une bouilloire d'1 kW fonctionnant pendant 12 jours, additionnée à 75 L d'énergie liquide (type disel) pour chaque habitant chaque année.
- La consommation d'énergie (à l'usage) du fret en métropole génère environ 7 MtCO₂eq/an (contre 44 actuellement) si on suppose que les carburants liquides sont des agrocarburants produits dans les conditions actuelles, et que l'électricité est produite comme actuellement.

Description des modes de vie et de l'emploi du fret

Le secteur du fret après transformation présente des différences majeures avec le fret actuel.

- Le secteur s'organise par territoire :
 - Un seul opérateur par segment (pondéreux, froid, médical, etc.) sur une zone donnée
 - Villes notamment agencées pour des tournées en modes actifs
 - La nourriture est largement produite localement et contribue peu aux besoins de fret
 - Les VUL sont électriques.
- L'environnement urbain est « apaisé », moins bruyant qu'actuellement et peu pollué. Les problèmes de santé, exacerbés ou causés par la pollution de l'air, y sont moins présents. Il y a beaucoup moins de véhicules de livraison, ceux qui circulent le font sans nuisance de bruit

causée par la motorisation thermique, et une grande partie des livraisons se fait en mode actif – à pied, en vélo, en vélo-cargo ainsi qu'en triporteur.

- La population en général – acteurs, chargeurs, clients destinataires paient plus cher les enjeux carbone – la rapidité devient un luxe (en termes marchands, une rareté en termes physiques), ou réservé aux produits de première nécessité.
- La vitesse des flux diminue, si bien que le stock qui était roulant (dans les camions quotidiens) est en partie reporté dans les points de vente ou dans des consignes automatiques.
- Le transport routier perd sa domination massive sur la longue et moyenne distance.
- La mise en commun des transports de passagers pour du fret devient la norme – l'espace vide dans un véhicule roulant comme un bus, un tram ou un car devient une absurdité évidente.
- L'emploi devrait suivre dans les grandes lignes les reports modaux, et la diminution des emplois dans le fret routier de moyenne et longue distance pourrait être compensée par la hausse du fret ferroviaire, du fret fluvial et de la logistique du dernier kilomètre (ces derniers correspondant à des emplois peu qualifiés, concentrés dans les centres urbains denses).
- Cependant, il est à ce stade prématuré de faire des projections sur le nombre d'emplois dans l'industrie du fret après transformation, le rapport entre le volume d'emplois et les volumes de transport n'étant pas linéaire *a priori*. Il pourra être envisagé un transfert des emplois entre ces modes, au sein de l'industrie du fret, selon la présence de compétences et qualifications communes d'un mode à l'autre, et selon la répartition de ces emplois sur le territoire.
- Les acteurs du secteur (transporteur, chargeurs, ecommerçants) sont pleinement conscients des enjeux énergie et climat. Ils effectuent leur bilan de consommation d'énergie et d'émissions de GES annuellement. Les dirigeants du secteur passent un examen sur ces thématiques dans le cadre de leur habilitation à exercer. Les chauffeurs routiers bénéficient de formations régulières à l'éco-conduite, et les VUL sont équipés de télématique leur permettant de suivre et de rendre leur conduite moins consommatrice.
- Les consommateurs disposent d'information sur l'impact énergie et climat du transport des biens qu'ils se font livrer.

Résilience du fret

- En cas de baisse subie de l'approvisionnement pétrolier en France, le fret n'est pas trop fortement impacté, car la logistique urbaine est complètement décarbonée et le secteur bénéficie de la réorganisation industrielle permettant une relocalisation nationale et régionale de la production, qui se traduit par des distances routières plus courtes. Par ailleurs, les reports modaux (trains électriques, fluvial moins gourmand en carburant par unité transportée) permettent de mieux s'affranchir de la dépendance aux énergies fossiles.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Agriculture et Alimentation

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette *Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation* – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de l'Agriculture et l'Alimentation dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

- Le système alimentaire regroupe **les activités qui nous permettent de produire, transformer, distribuer et consommer notre nourriture**¹.
- En amont, **le secteur de l'agrofourniture** rassemble les activités de production d'intrants agricoles : semences, engrais et amendements, pesticides, machines et outils. Ce secteur est en lien avec celui de l'industrie, son évolution est seulement rapidement évoquée dans cette fiche.
- **Les agriculteurs** produisent des matières premières agricoles et certaines denrées directement consommables.
- **Le secteur de la transformation**, qui rassemble industries agroalimentaires et artisans, utilise les matières premières végétales et animales pour produire des aliments consommables par les hommes, de la nourriture pour animaux d'élevage, ou des biens non alimentaires (textiles, cuirs, biomatériaux). Les entreprises du secteur sont variées et le niveau de transformation plus ou moins important.
- **Le secteur de la distribution** transporte, conditionne et commercialise les produits alimentaires. Une partie de ces activités est traitée par le secteur fret. Le négoce et le commerce de détail n'ont pour l'instant pas fait l'objet d'une étude précise pour le PTEF.
- **La préparation des aliments** pour leur consommation est réalisée par les ménages et par différentes formes de restauration hors domicile (RHD).

Organisation interne de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

- L'équipe système alimentaire a interagi avec les équipes en charge de l'industrie, du fret, de l'urbanisme, de l'administration publique et de la culture.
- Le système alimentaire est à la fois consommateur et producteur de matière et d'énergie. Il a de fait été pris en compte dans les chantiers de mise en cohérence des flux de matière et d'énergie entre les différents secteurs analysés par le PTEF.

¹ En nous intéressant à ce secteur, nous prenons également implicitement en compte les productions non alimentaires comme par exemple les cultures industrielles ou la nourriture des animaux de compagnie.

II- Notre point de départ

Description du système alimentaire actuel (flux physiques, impacts) :

- Le système alimentaire repose sur un ensemble de flux de matières et d'énergie qui montre ses liens de dépendance aux ressources naturelles et avec d'autres secteurs économiques et parties du monde.

Principaux intrants du système alimentaire	Valeur ^a	Périmètre ^b
Eau d'irrigation	3 200 Mm ³ (2016)	Territoire
Engrais azotés	2 200 kt (2018)	Territoire
Engrais phosphorés et potassiques	880 kt (2018)	Territoire
Pesticides	70 kt (2017)	Territoire
Énergie fabrication des engrais	2,8 Mtep (2018)	Empreinte
Énergie travaux et bâtiments agricoles	3,4 Mtep (2017)	Territoire
Énergie industries agroalimentaires	4,9 Mtep (2017)	Territoire
Énergie transport des marchandises	7 Mtep (2013)	Empreinte
dont transport international	3,7 Mtep (2013)	Empreinte

^a M = millions ; k = milliers ; t = tonnes ; tep = tonnes équivalent pétrole ; les données sont issues de AFB (2019) pour l'eau ; Agreste (2019) pour les engrais, les pesticides, l'énergie utilisée en agriculture et dans l'agroalimentaire ; Harchaoui et Chatzimpiros (2019) pour l'empreinte énergétique des engrais ; Barbier et al. (2019) pour l'empreinte énergétique des transports.

^b Selon les sources disponibles, les données correspondent aux utilisations internes (sur le territoire) ou aux empreintes (inclut les produits importés et exclut les produits exportés).

- La France **exporte** une partie de sa production agricole (céréales, vins et boissons, produits laitiers et animaux vivants) et **importe** d'autres produits : fruits et légumes, viandes et poissons, aliments pour animaux (protéines végétales). Sans les vins et spiritueux, le solde commercial serait déficitaire de plusieurs milliards d'euros (Agreste 2019).
- Le **transport** est indispensable au bon fonctionnement du système alimentaire français. La nourriture consommée dans notre pays au cours d'une année a nécessité environ 200 Gt.km de transport, sur le territoire ou dans d'autres pays (Barbier et al. 2019). Les distances sont plus grandes par voie maritime mais la majorité des volumes transite par voie routière. L'équivalent de 30 000 semi-remorques traversent 500 km chaque jour pour livrer les marchandises agricoles et la nourriture (Les Greniers d'Abondance 2020). Deux tiers de ce trafic routier ont lieu sur le territoire et un tiers dans les autres pays, principalement au sein de l'UE (Barbier et al. 2019).

Transports au sein du système alimentaire	Valeur ^a
Transport maritime	115 Gt.km (2013)
dont aliments pour animaux	57 %
dont fruits et légumes	25 %
Transport routier	83 Gt.km (2013)
dont aliments pour animaux	18 %
dont fruits et légumes	26 %

^a Données issues de Barbier et al. (2019)

- L’alimentation représente environ **un quart de l’empreinte carbone française**, deux tiers correspondant aux émissions directes et indirectes² de l’agriculture (Barbier et al. 2019).

Émissions de GES du système alimentaire	Valeur ^a	Périmètre ^b
Émissions directes de l’agriculture	98,6 MteqCO ₂ (2017)	Territoire
dont méthane des ruminants	45 %	Territoire
dont apports d’azote sur les sols	30 %	Territoire
dont effluents d’élevage	14 %	Territoire
dont consommation d’énergie	9 %	Territoire
dont chaulage	2 %	Territoire
Émissions directes de la pêche et de la pisciculture	1,7 MteqCO ₂ (2017)	Territoire
Émissions directes des industries agroalimentaires	10,2 MteqCO ₂ (2017)	Territoire
Empreinte carbone du système alimentaire	163,3 MteqCO ₂ (2012)	Empreinte
dont fabrication des intrants	9 %	Empreinte
dont émissions directes de l’agriculture	58 %	Empreinte
dont industries agroalimentaires	5,5 %	Empreinte
dont transport des marchandises	13,5 %	Empreinte
dont courses et transport des personnes	5 %	Empreinte
dont commerces et restaurants	4,5 %	Empreinte
dont restauration à domicile	4,5 %	Empreinte

^a MteqCO₂ = millions de tonnes équivalent CO₂ ; les données sont issues de CITEPA (2019) pour les émissions territoriales et Barbier et al. (2019) pour l’empreinte carbone.

^b Selon les sources disponibles, les données correspondent aux **utilisations intérieures** (sur le territoire) ou aux **empreintes** (inclut les produits importés et exclut les produits exportés).

- Près de **90 % des émissions de GES agricoles sont liées à l’élevage** (Solagro 2019).
- L’homogénéisation des systèmes agricoles et l’intensification des pratiques sont **largement responsables du déclin de la biodiversité en Europe** (Seibold et al. 2019 ; Cour des Comptes Européenne 2020). Les besoins en matières premières agricoles pour l’alimentation animale, humaine, ou pour la production de biocarburants, sont quant à eux la principale cause de « **déforestation importée** »³.

Grands enjeux physiques et environnementaux :

- Les fermes modernes sont **peu autonomes** et dépendent le plus souvent d’autres continents pour leurs approvisionnements (engrais, alimentation animale, énergie) ou pour la main-d’œuvre.
- Les modifications anthropiques du climat ou de la biosphère **menacent la productivité agricole** en France et la sécurité alimentaire mondiale (Les Greniers d’Abondance 2020).
- Le système agricole dominant est **peu diversifié** (homogénéité génétique des variétés cultivées et des races animales, homogénéité des rotations, homogénéité des paysages). Il est ainsi d’autant plus vulnérable aux perturbations climatiques et à l’émergence de nouveaux pathogènes.
- La plupart des territoires sont **spécialisés** dans certaines productions agricoles, et les filières de transformation sont **concentrées** à la fois économiquement et géographiquement. En conséquence, chaque aire urbaine exporte la quasi-totalité de sa

² Les émissions directes sont celles ayant lieu au niveau des fermes. Les émissions indirectes sont celles associées à la production agricole mais ayant lieu ailleurs que sur les fermes : fabrication des engrais, des pesticides, du matériel et des bâtiments...

³ Les principaux produits « à risque » sont le soja, l’huile de palme, le cacao et les crevettes (destruction des mangroves en Asie du Sud-Est).

production agricole et importe la quasi-totalité de sa nourriture (Utopies 2017). Il en résulte une **forte dépendance aux transports**, en particulier routier, et donc au pétrole.

- **La profession agricole est en recul continu.** Un quart des agriculteurs va disparaître dans les dix prochaines années si la tendance actuelle se poursuit (Les Greniers d'Abondance 2020). Cette disparition entraîne parfois une perte de terres agricoles et des productions associées (enfrichement) et le plus souvent un agrandissement des exploitations voisines et une concentration des productions.
- L'assiette moyenne en France se caractérise par **une présence importante de produits animaux** (environ deux tiers de la consommation totale de protéines) **et de produits ultra-transformés** souvent riches en sucres et en graisses (Solagro 2019). **Près de la moitié des adultes sont en surpoids**, 15 % sont obèses, et **l'aide alimentaire** institutionnalisée concerne plus de cinq millions de personnes (Les Greniers d'Abondance 2020).
- Les achats alimentaires **se font en grandes surfaces pour les deux tiers** (en valeur), et **à 90 % en voiture** (Les Greniers d'Abondance 2020).

III- Le chemin proposé par le PTEF

En nous inspirant des études déjà réalisées sur la transition agroécologique et la construction de systèmes alimentaires durables et résilients (Solagro 2016 ; Fermes d'Avenir 2016 ; Poux et Aubert 2018 ; Les Greniers d'Abondance 2020), nous proposons **trois axes de transformation pour ce secteur à horizon 2050**. Des mesures transversales à même d'accompagner ces évolutions seront explorées dans un second temps en concertation avec les professionnels et experts du secteur.

Le premier axe concerne la reterritorialisation de certaines activités agricoles et agroalimentaires. Le deuxième axe s'intéresse à la décarbonation et à la résilience des systèmes agricoles. Le troisième axe se concentre sur l'évolution des régimes alimentaires.

1- Reterritorialiser les systèmes alimentaires

À travers cet axe, nous cherchons à **rapprocher productions et consommations alimentaires au sein des bassins de vie**. Le but est de faire émerger des systèmes alimentaires territoriaux capables de répondre aux besoins de base de la population. En favorisant l'usage des ressources et du tissu économique local, cette évolution permet de réduire les flux de transport au sein du système alimentaire et d'en accroître l'autonomie et la résilience. Cette relocalisation est optimisée en fonction des avantages naturels des territoires pour certaines productions, si bien qu'à l'échelle nationale, **l'interconnexion et la complémentarité** des systèmes alimentaires assure la robustesse de l'ensemble.

Objectif 1 : Raccourcir les chaînes logistiques

L'objectif est de limiter la dépendance du système alimentaire au transport routier et au pétrole, ainsi qu'aux importations. Nous proposons de **réduire de 80 % les flux de marchandises agricoles et alimentaires transportées** d'ici 2050. Cela passe par un ensemble d'évolutions jouant à différents niveaux du système alimentaire. Plusieurs d'entre elles sont associées à d'autres objectifs de transformation du secteur.

- Les **aliments pour animaux** représentent le premier flux de matières agricoles. Les besoins diminuent fortement suite à la diminution du cheptel et à une meilleure

autonomie fourragère dans les élevages (**Objectif 3**). Nous visons une diminution de 90 % de ces flux (passage de 80 Gt.km à 8 Gt.km)⁴.

- Les **fruits et légumes** représentent un deuxième poste de transport important. Nous proposons un développement massif de ces productions sur le territoire pour diminuer notre dépendance aux importations (déficit de 5,6 milliards d'euros pour ces produits en 2018 ; Agreste 2019). Nous visons une diminution de 85 % de ces flux (passage de 50 Gt.km à 7 Gt.km), proportionnelle à la diminution des importations pour ces produits.
- Pour les autres productions végétales et animales, les territoires se diversifient afin d'être en mesure de proposer la plupart des produits de base aux habitants. Cette diversification est un des grands principes portés par l'agroécologie (**Objectif 4**).
- Le redéploiement **d'unités de transformation** adaptées à différentes filières (meunerie, huiles, légumes secs, produits laitiers, viandes...) accompagne la diversification des productions agricoles.
- Les **circuits de distribution** se réorganisent afin de favoriser la mise en relation des producteurs locaux et des consommateurs.
- Nous supposons que les flux restants sont ainsi divisés par trois (passage de 70 Gt.km à 23 Gt.km).

Le chiffrage ci-dessus ne concerne que les flux associés à la nourriture consommée par les Français (production territoriale effectivement consommée + importations). Concernant les exportations, celles-ci suivent l'évolution des volumes de production et diminuent également. La France continue néanmoins à exporter des céréales et d'autres produits agroalimentaires (vins, poudre de lait...) et à jouer un rôle dans la sécurité alimentaire mondiale.

Objectif 2 : Recycler les nutriments

L'objectif est de réduire notre dépendance aux engrais minéraux de synthèse en retrouvant une circularité dans l'utilisation des nutriments. Cette évolution est complémentaire du développement des cultures fixatrices d'azote (légumineuses) sur le territoire, une pratique agroécologique amenée à se généraliser (**Objectif 4**). Une utilisation circulaire des nutriments implique notamment de **valoriser et recycler à grande échelle les excréments humains (urine et matières fécales) et les biodéchets**. La revalorisation des excréments est un enjeu particulièrement fort puisqu'ils concentrent environ 80 % des nutriments exportés des champs et sont aujourd'hui gérés de manière presque exclusivement linéaire (Esculier 2018)⁵. En nous inspirant d'un scénario ambitieux (Esculier et Barles 2020), nous visons **un taux de recyclage de 80 % sur l'azote et le phosphore d'ici 2050**. Nous détaillerons les mesures associées à ce scénario dans un second temps. À titre de comparaison, le taux de recyclage des nutriments dans l'agglomération parisienne au début du XX^e siècle était d'environ 50 %, le taux actuel pour cette aire urbaine est de 3 % pour l'azote et 30 % pour le phosphore (Esculier 2018).

Cette transformation a comme conséquence principale de remettre en question les pratiques d'assainissement actuelles. Il est en effet nécessaire de développer la séparation à la source de l'urine afin que cette ressource qui concentre la majorité des nutriments ne soit pas

⁴ Nous supposons que l'importation d'aliments pour animaux par voie maritime cesse et que les transports routiers diminuent de moitié, proportionnellement à la réduction du cheptel et des besoins.

⁵ Le devenir des nutriments diffère selon les cas (Esculier 2018). Pour l'azote, les stations d'épuration parviennent à traiter et à renvoyer dans l'atmosphère sous forme de N₂ environ 60 % de la charge en azote, tandis que 40 % échappe au traitement et retourne aux cours d'eau. Une part marginale est captée dans les boues de station et épandue dans les champs. Pour le phosphore, les grandes stations sont équipées de systèmes de précipitation qui permettent de mieux capter la ressource dans les boues. Deux tiers des boues sont épandues dans les champs en France, permettant le recyclage d'environ 40 % du phosphore. Le potassium et les autres nutriments ne font pas l'objet d'un traitement particulier et rejoignent en grande majorité les cours d'eau.

diluée dans les égouts⁶. Le principal enjeu n'est pas lié à la collecte (urinoirs masculins ou féminins et toilettes à séparation d'urine peuvent facilement être généralisés) mais se trouve dans la **construction de filières de traitement et de valorisation**. Les procédés de concentration d'urine sont encore au stade de démonstration et le modèle économique de la filière reste à élaborer.

2- Vers une production amont décarbonée et résiliente

Cet axe se concentre sur les étapes de production amont : l'agriculture, mais aussi la pêche et l'aquaculture. Le premier objectif de réduction des productions animales est incontournable pour que les émissions de GES du secteur décroissent de manière significative. Les autres objectifs participent également à diminuer les émissions tout en renforçant la résilience du secteur face aux perturbations en cours.

Les impacts économiques de ces évolutions (emplois, rémunération des producteurs, pouvoir d'achat) sont abordés dans la dernière partie de cette fiche

Objectif 3 : Réorienter les productions animales vers des pratiques favorisant la qualité, la durabilité et l'autonomie

Les productions animales rassemblent des systèmes très hétérogènes en France. Au total, l'élevage est à l'origine de près de **90 % des émissions de GES** de l'agriculture, occupe environ **85 % des terres agricoles** et **concurrence fortement l'alimentation humaine** en consommant environ 60 % des céréales non exportées (Solagro 2019, Les Greniers d'Abondance 2020). Les systèmes d'élevage ou de pêche industriels, largement majoritaires en termes de volumes produits, génèrent une pression considérable sur les écosystèmes et la biodiversité et affichent une forte dépendance à des ressources extérieures limitées (aliments pour animaux, énergie, stocks halieutiques).

Réduire les volumes, développer les productions de qualité et l'autonomie fourragère sont des évolutions incontournables pour réduire les impacts du secteur et sa vulnérabilité face à l'accentuation des contraintes extérieures. Nous visons une **diminution d'un tiers de la production de lait et d'œufs, une division par deux des produits de la pêche, et une division par trois des productions de viande bovine, de porc et de volaille**. Le choix de ces ordres de grandeur est un **compromis** entre diminution des émissions de GES et acceptabilité par les consommateurs et le monde agricole. En l'état, ces efforts de sobriété sur la production permettent de diminuer d'environ 60 % les émissions agricoles de GES (voir chiffrage dans la partie IV). Des efforts plus importants sur le cheptel bovin sont nécessaires si l'on souhaite aller plus loin dans la réduction des émissions de GES.

Environ deux tiers des diminutions de production sont liés à une **réduction du cheptel**, le reste est la conséquence de pratiques d'élevage **moins intensives**.

Nous évaluons les impacts de ces changements dans la dernière partie de cette fiche et montrons que la réduction des productions peut s'accompagner d'une **meilleure rémunération** des éleveurs et d'un impact modéré sur le **pouvoir d'achat**, voire positif selon les changements de régimes alimentaires associés.

Objectif 4 : Généraliser les pratiques agroécologiques

On définit l'agroécologie comme une approche globale cherchant à construire des systèmes agraires soutenables et résilients grâce à l'application de savoirs issus de différentes disciplines (agronomie, écologie, sociologie...). Les grands principes qui guident ces évolutions sont la

⁶ Les matières fécales peuvent également être collectées à la source (toilettes sèches) ou bien traitées en bout de chaîne (épandage des boues de stations d'épuration).

recherche d'une plus grande **diversité** à toutes les échelles (génétique, assolement, paysage), d'un **usage économe des ressources** (eau, engrais, énergie), d'une plus grande **autonomie** dans les moyens de production (fertilisation, énergie et travail humain, semences, alimentation animale), d'une meilleure **protection des milieux** (eau, sols, biodiversité). De nombreuses pratiques qui se déploient aujourd'hui sont des pratiques agroécologiques : agroforesterie⁷, associations de plusieurs cultures au sein d'une même parcelle, mélanges de différentes variétés pour une culture donnée, couverts végétaux entre deux cultures, travail superficiel du sol et arrêt du labour, lutte biologique sans pesticides, troupeaux mixtes, élevage à l'herbe, présence de surfaces d'intérêt écologique (arbres, surfaces toujours en herbe, zones humides...), etc.

Ainsi définie, l'agroécologie est donc en opposition avec les formes d'agriculture conventionnelle dominantes. **L'agriculture biologique**, telle qu'historiquement conçue, fournit un socle de pratiques et un référentiel solides pour développer encore davantage l'agroécologie. **D'autres formes** se développent également en France comme l'agriculture de conservation⁸, l'élevage à l'herbe des ruminants, ou les systèmes de polyculture élevage valorisant la complémentarité entre productions végétales et animales.

Nous ne cherchons pas dans le PTEF à définir les itinéraires techniques précis à emprunter et renvoyons pour cela aux travaux de référence sur le sujet (voir par exemple Afterres2050 de Solagro, les études des CIVAM, de la FNAB, de Pour une Agriculture du Vivant, ainsi que les travaux de l'INRAE ou des instituts techniques agricoles⁹). Nous nous attacherons surtout, dans la deuxième partie du projet, à **dégager les mesures transversales permettant de généraliser ces modes de production**.

Dans la transformation envisagée du secteur, nous considérons que **l'ensemble des terres agricoles est géré en 2050 avec des pratiques agroécologiques fortes** (voir les exemples de pratiques cités ci-dessus) permettant en moyenne d'atteindre les objectifs agronomiques et environnementaux détaillés dans le scénario Afterres2050 (voir partie D de cette fiche). La certification en agriculture biologique devient une évolution logique et économiquement avantageuse pour de nombreuses exploitations, si bien qu'on suppose que 50 % des surfaces au moins sont concernées.

La généralisation des pratiques agroécologiques a l'avantage d'augmenter la teneur des sols agricoles en matière organique et donc de **séquestrer du carbone**. Nous évoquons ce potentiel et les limites associées dans **l'annexe 4**.

Objectif 5 : Développer l'autonomie énergétique du secteur agricole

Dans un double objectif de décarbonation et de résilience, le PTEF vise à rendre le secteur agricole largement autonome du point de vue énergétique. Une partie de la biomasse produite sera pour ce faire convertie en énergie pour les travaux des champs. Nous prenons comme objectif **qu'en dehors de l'électricité, toute l'énergie utilisée en agriculture est produite par l'agriculture** grâce à un mix de ressources et de procédés de conversion.

L'agriculture parvient par ailleurs à dégager un modeste surplus d'énergie pour le reste de la société. Le chiffrage de ces évolutions est proposé dans la dernière partie de cette fiche.

⁷ L'agroforesterie est l'approche consistant à intégrer les arbres dans les pratiques agricoles : plantation de haies, alignements d'arbres dans les parcelles, systèmes mixtes comme les prés vergers ou les vergers maraîchers...

⁸ L'agriculture de conservation vise à restaurer et entretenir la fertilité des sols et à limiter le risque d'érosion. Elle se caractérise entre autres par un arrêt du labour, un travail du sol superficiel et une recherche de hauts niveaux de matière organique dans les sols. L'usage d'herbicides y est souvent associé mais pas systématiquement (agriculture biologique de conservation).

⁹ Le rôle des organismes institutionnels pour lever le verrouillage socio-technique du système agricole est important, mais les recherches actuelles sont encore trop sectorielle et la prise en compte de certains enjeux est seulement récente (dépendance aux énergies fossiles, sélection variétale adaptée aux pratiques agroécologiques...).

3-Transformer l'offre alimentaire et les habitudes de consommation

Objectif 6 : Adopter des régimes sains et soutenables

En parallèle de la diminution des productions animales, le PTEF propose de réduire la consommation de produits d'origine animale dans le cadre d'un rééquilibrage alimentaire en ligne avec les recommandations sanitaires. Cette évolution des assiettes est nécessaire afin d'éviter une augmentation de l'empreinte carbone liée à un report des consommations sur des produits importés.

Nous supposons pour chaque produit d'origine animale une diminution de la consommation proche de celle de la production (voir **Objectif 3**). Les écarts sont dus d'une part à la réduction **des pertes et gaspillages** qui permet d'augmenter la disponibilité et d'autre part au rôle **des exportations et des importations** dans l'offre finale des produits. Nous partons du scénario Afterres2050 (Solagro 2016) qui prend en compte ces différents paramètres, en particulier une **division par deux des pertes et gaspillages**, et à partir duquel nous reprenons déjà les chiffrages de production agricole (voir partie IV).

À l'image des objectifs fixés dans la partie « production », définir l'assiette moyenne souhaitable nécessite de trouver un **compromis** entre la réduction des impacts (santé et environnement) et l'acceptabilité des changements. En plus des aliments ayant le plus d'impact vis-à-vis des émissions de GES (produits animaux), l'assiette proposée s'inscrit dans le **renforcement de l'axe « prévention » du secteur de la santé** en diminuant la consommation de certains produits (produits sucrés, graisses animales, produits ultra-transformés, alcools) conformément aux recommandations nutritionnelles (HCSP 2018 ; EAT-Lancet 2019).

Contenu de l'assiette pour certains produits (g/j) ^a	Actuel (2014-2015) ^b	PTEF (2050) ^c
Viandes		
Viande rouge (bœuf, mouton)	34	12
Porc	41	16
Volaille	26	12
Poissons	23	8
Plats préparés à base de viandes ou de poissons	24	6
Produits laitiers		
Lait	75	40
Yaourts et fromages blancs	77	40
Fromages	31	20
Matières grasses (beurre, crème)	9	6
Œufs	13	11
Fruits et légumes frais	260	450
Pain, pâtes, riz et autres céréales	179	270
Légumineuses	8	80
Autres protéines alternatives végétales (soja, fruits à coque)	4	40
Sucre	21	17
Boissons sucrées	174	139
Boissons alcoolisées	155	113
Stimulants (café, thé, cacao) ^d	259	200

^a Quantités « ingérées », au sens des enquêtes de consommation alimentaire INCA

^b D'après l'enquête INCA 3 (ANSES 2017) et Agreste (2019) pour la distinction viande rouge / porc dans la consommation de viandes hors volailles

^c Valeurs indicatives représentatives de l'assiette Afterres2050, consolidées avec l'assiette EAT-Lancet (2019) et prenant en compte les évolutions des productions sur le territoire

^d La production de café et cacao peut être associée à de la déforestation dans certains pays

Cette transformation des régimes alimentaires **est alignée avec les recommandations nutritionnelles formulées par de nombreux experts**, dont le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP 2018), le GIEC (2019) et un groupe international de chercheurs ayant intégré le respect des limites planétaires dans l'équation (EAT-Lancet 2019). Il s'agit d'une assiette **moyenne** laissant place à de nombreuses déclinaisons et pouvant s'adapter aux besoins physiologiques particuliers de certaines personnes (enfants, femmes enceintes, personnes âgées...).

En particulier, un tel régime « flexitarien » satisfait pleinement aux besoins en calories, en protéines, ou en calcium, et se trouve corrélé à une meilleure santé (ANSES 2017, Solagro 2019, EAT-Lancet 2019)¹⁰.

IV- Le système alimentaire après transformation

Description physique du secteur après transformation :

L'agriculture se transforme en profondeur. Elle se diversifie, gagne en autonomie, utilise moins de ressources, réduit ses émissions de GES et restaure les écosystèmes. L'élevage intensif régresse fortement au profit de productions de qualité et rémunératrices. La production de biomasse non alimentaire augmente et permet à l'agriculture d'être autonome en énergie.

Nous reprenons la plupart des chiffrages proposés dans le **scénario Afterres2050 de Solagro (2016)** pour caractériser les évolutions physiques du système. On suppose que d'ici 2050, 500 000 hectares de terres agricoles sont perdus par artificialisation (50 %) et par enrichissement (50 %). La poursuite de la tendance actuelle conduirait à une perte quatre fois plus importante.

Surfaces agricoles (millions d'hectares)	Actuel (2018) ^a	PTEF ^b
Surface agricole utile totale	28,6	28,1
Céréales	9	8,6
Oléagineux	2,4	2,4
Protéagineux	0,2	2,4
Cultures fourragères annuelles	1,7	0,5
Prairies temporaires	3	2
Prairies permanentes	9,3	9
Autres ^c	3	3,2

^a D'après les données d'Agreste (2019) Graph'Agri 2019

^b Similaire au scénario Afterres2050

^c Cultures industrielles, vignes et vergers, cultures légumières, surfaces non productives (jachères...)

La production globale diminue, en particulier sur les céréales, **mais la disponibilité alimentaire augmente** car la réduction des productions animales **relâche la concurrence avec l'alimentation humaine**. Cela permet de nourrir une population croissante et d'augmenter le solde exportateur à destination des pays dont la sécurité alimentaire est la plus menacée par le changement climatique. En revanche, les exportations destinées à l'alimentation animale, notamment au sein de l'UE, diminuent.

¹⁰ Notre régime actuel se caractérise par une surconsommation de calories d'environ 30 % et une surconsommation de protéines de 45 % à 66 % selon les études et les valeurs de référence.

Productions ^a	Actuel (2018) ^b	PTEF ^c
Productions végétales		
Céréales (Mt) ^d	69	44
dont exportations	35	23
dont alimentation animale	20	8
dont alimentation humaine	7	9
dont autres utilisations	7	4
Oléagineux (Mt)	6,6	5,3
Protéagineux (Mt)	0,7	6,9
Fruits et légumes frais (Mt)	7,9	15,5
Productions animales		
Cheptel bovin (M de têtes)	18,5	8
dont vaches laitières	3,5	2,5 ^e
dont vaches allaitantes	4,1	1,2
Lait de vache (Gl)	23,8	16
Viande bovine (Mtec)	1,7	0,6
Cheptel ovin caprin (M de têtes)	8,4	8
Cheptel porcin (M de têtes)	13,7	7
Viande de porc (Mtec)	2,2	0,7
Cheptel poulets de chair (M de têtes)	155	80
Viande de volaille (Mtec)	1,8	0,6
Cheptel poules pondeuses (M de têtes)	48	35
Œufs de poules (Mt ég œuf coquille)	952	630
Produits de la pêche et de l'aquaculture		
Pêche industrielle (kt)	506	200
Pêche artisanale (kt)	50	45
Pisciculture (kt)	49	60
Conchyliculture (kt)	128	128

^a k = milliers ; M = millions ; G = milliards ; t = tonnes ; l = litres ; ec = équivalent carcasse

^b D'après les données d'Agreste (2019) Graph'Agri 2019

^c Similaire au scénario Afterres2050 pour les productions végétales, réduction plus forte pour les productions animales

^d D'après les données de Passion Céréales (2018)

^e Au sein de vaches laitières, les races mixtes (lait et viande) se développent

Les besoins en transport et l'utilisation des ressources et des intrants décroissent.

Évolution de certains paramètres	Actuel ^a	PTEF ^b
Eau d'irrigation	3 200 Mm ³	-15 %
Énergie pour travaux et bâtiments agricoles	3,4 Mtep	-30 %
Engrais minéraux (N, P, K)	3 080 kt	-85 %
Pesticides	70 kt	-85 %
Transport maritime	115 Gt.km	-90 %
Transport routier	83 Gt.km	-65 %

^a Voir tableaux précédents

^b Similaire au scénario Afterres2050 pour l'eau d'irrigation et l'énergie ; les valeurs pour les engrais minéraux et les pesticides sont plus ambitieuses que les hypothèses d'Afterres2050 (respectivement -60 % et -70 %) car le recyclage des nutriments est meilleur dans le PTEF (objectif 2) et l'usage des pesticides fortement réduit pour enrayer l'effondrement de la biodiversité des milieux agricoles ; les évolutions pour le transport sont liées aux hypothèses détaillées dans l'objectif 1

Les impacts du secteur après transformation :

- Les **émissions** directes de l'agriculture diminuent de plus de moitié, essentiellement du fait de la réduction du cheptel bovin et de la plus faible fertilisation azotée. La question de la **séquestration de carbone dans les sols agricoles**, et le parti pris de ne pas

l'inclure dans le chiffrage des émissions de GES, sont abordés en **annexe 4**. L'énergie utilisée dans les industries agroalimentaires est pratiquement décarbonée et les émissions de HFC liées aux fluides frigorigènes disparaissent. **L'empreinte carbone totale de l'alimentation diminue d'un facteur 3 à 4**, selon le niveau de décarbonation des autres activités amont et aval et la part de produits animaux exportés.

Émissions de GES du système alimentaire (MteqCO ₂)	Actuel ^a	PTEF
Émissions directes de l'agriculture^b	98,6	41
dont méthane des ruminants	44,4	20
dont apports d'azote sur les sols	29,6	15
dont effluents d'élevage	13,8	5
dont consommation d'énergie	8,9	0
dont chaulage	1,9	1
Émissions de GES directes des industries agroalimentaires	10,2	2
Empreinte carbone du système alimentaire^c	163,3	51
dont fabrication des intrants	14,8	4
dont émissions directes de l'agriculture	94,6	37
dont industries agroalimentaires	9	2
dont transport des marchandises	22	3,5
dont courses et transport des personnes	8,2	1,5
dont commerces et restaurants	7,4	1,5
dont restauration à domicile	7,3	1,5

^a Voir sources dans le tableau partie B

^b Les hypothèses sont les suivantes : diminution de 55 % des émissions du cheptel ruminant proportionnelle à la diminution des effectifs ; diminution de moitié des émissions dues aux apports d'azote sur les sols (hypothèse Afterres2050) ; diminution de 65 % des émissions dues aux effluents proportionnelle à la réduction globale du nombre d'animaux d'élevage ; l'énergie utilisée sur les exploitations est complètement décarbonée (électricité + biomasse)

^c Les hypothèses sont les suivantes : diminution de 75 % pour la fabrication des engrais minéraux proportionnelle à la réduction de leur usage, l'énergie utilisée pour la synthèse est peu carbonée mais des émissions de N₂O subsistent ; la balance carbone des échanges commerciaux est légèrement négative, notamment car la France exporte des produits animaux, et vient diminuer les émissions intérieures du secteur agricole (hypothèse, similaire à aujourd'hui : -4 MteqCO₂) ; les autres secteurs économiques (fret, mobilité, bâtiments) sont supposés fortement décarbonés mais les valeurs sont ici données à titre indicatif.

- Côté **énergie**, un chiffrage illustrant une évolution possible est présenté en **annexe 1**. L'agriculture devient **autonome** en carburants et combustibles en convertissant une partie de la biomasse produite sur les fermes. Cette production d'énergie **ne concurrence pas l'alimentation** car la biomasse utilisée est issue soit de matière « lignocellulosique » non consommable par les hommes (pailles, couverts végétaux), soit d'huiles végétales associées à la production d'aliments pour les animaux d'élevage (tourteaux). L'agriculture consomme toujours un peu d'électricité décarbonée, produite sur les exploitations ou non. Le secteur agricole dégage un **surplus** d'énergie de l'ordre de 2,5 Mtep pour le reste de la société.
- Parmi les autres impacts de cette transformation, la pression exercée sur les écosystèmes se réduit considérablement, notamment la **déforestation** en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est associée à nos consommations. En France, la restauration des paysages, la diversification des cultures et la diminution des intrants, permettent à la **biodiversité** de se reconstruire. Les **pollutions agricoles** diminuent et avec elles le coût de traitement des eaux et des maladies professionnelles. La **santé** des consommateurs s'améliore également grâce à un régime plus équilibré.

Description « emploi » du secteur :

Un chiffrage détaillé présentant les hypothèses de calcul est fourni en **annexe 2**.

- Une conséquence majeure de la transformation du secteur est l'augmentation des actifs agricoles. Le volume de travail passe **de 710 000 à environ 1 251 000 ETP** en 30 ans

(+76 %). À titre de comparaison, l'agriculture employait environ 1 400 000 ETP il y a 30 ans, en 1990 (Agreste 2007). Nous faisons en particulier l'hypothèse que le nombre d'éleveurs augmente, comme dans les autres productions.

- Cette augmentation du volume de travail est liée à trois phénomènes principaux :
 - La relocalisation sur le territoire de la majeure partie des productions de fruits et légumes (366 000 ETP) ;
 - La généralisation des pratiques agroécologiques (133 000 ETP) ;
 - La diversification des activités de transformation et de commercialisation par les producteurs eux-mêmes (42 000 ETP).
- En revanche, des destructions d'emplois ont lieu dans les activités « amont » d'agrofourmiture (fabrication d'engrais, de pesticides, d'aliments pour animaux, services vétérinaires). Nous les estimons à près de 19 000 ETP.
- De la même façon, des emplois disparaissent dans les secteurs « aval », en particulier dans les industries agroalimentaires et dans le négoce de produits agricoles et alimentaires. Nous estimons une perte nette d'environ 69 000 ETP.
- Le secteur de la pêche perd quant à lui environ 4 000 ETP.

Le bilan reste au final largement positif avec une **création nette d'environ 451 000 ETP**.

Description « économie » du secteur :

- L'ensemble des transformations au sein du secteur a des effets économiques majeurs qui peuvent se conjuguer ou se compenser. Nous proposons une voie qui permet à la fois **d'améliorer la rémunération des nouveaux actifs agricoles** et de **maintenir un prix de l'alimentation largement accessible** pour les consommateurs. Le chiffrage précis est présenté en **annexe 3**.
- Côté agriculteurs, l'adoption généralisée de pratiques agroécologiques se traduit par une **forte diminution des charges** (-40 %) liées aux achats d'engrais, de pesticides, d'aliments pour animaux, de dépenses vétérinaires ou d'énergie. Les volumes produits décroissent (en moyenne -15 % en productions végétales, -60 % en productions animales) mais **les prix payés aux agriculteurs augmentent** (respectivement +15 % et +95 %). La valeur ajoutée brute de l'agriculture augmente au final d'environ 47 %. On suppose également que l'agriculture devient **moins intensive en capital** (machines et bâtiments d'élevage notamment) et que la dette des agriculteurs se réduit, ce qui améliore leurs bilans. Par ailleurs, on suppose qu'une partie des dépenses publiques (dépollution des eaux, soins médicaux) évitées grâce aux nouvelles pratiques agricoles ou habitudes alimentaires, est **directement reversée aux agriculteurs**. Au final, le résultat courant du secteur agricole fait plus que doubler, permettant de **payer les actifs supplémentaires tout en augmentant leur rémunération de 8 %**.
- Côté consommateurs, l'augmentation des prix payés aux producteurs a un impact modéré voire nul sur leur budget. En effet, sur 100 euros d'achats alimentaires, 7 euros reviennent aujourd'hui en moyenne aux agriculteurs et 41 euros aux intermédiaires (entreprises de la transformation et de la distribution) (Boyer 2019). En mettant en place des mesures pour s'assurer que l'essentiel de la valeur supplémentaire associée aux nouvelles pratiques agricoles revienne aux producteurs, **une augmentation de 1 % du budget pour les produits végétaux** suffit pour que le prix payé aux agriculteurs augmente de 14 %¹¹. Pour les produits animaux, cette augmentation serait de 7 % pour

¹¹ Côté consommateurs, 1 euro dépensé en plus sur 100 euros (+1 %). Côté producteurs, 1 euro gagné en plus par rapport à 7 euros (+14 %).

un doublement du prix payé aux producteurs. Or la consommation de produits animaux est amenée à décroître significativement, **l'impact global sur le pouvoir d'achat serait donc *a priori* positif.**

- Le « coût économique » associé à ces hypothèses de répartition de la valeur se trouve dans la diminution de l'excédent commercial des pays dont nous importons certains produits agricoles ou intrants, dans la destruction d'emplois au sein des entreprises de l'agrofourmiture et de l'agroalimentaire, et dans la réduction des profits dégagés par ces acteurs.

Annexe 1 : Bilan énergétique du secteur après transformation

On donne ci-dessous un exemple de bilan énergétique du secteur après transformation. Les chiffres ne sont pas figés et permettent d'illustrer la **diversité des ressources mobilisables** et des procédés de conversion. D'autres combinaisons peuvent être envisagées. Contrairement aux chiffrages précédents, le PTEF se distingue ici du scénario Afterres2050 par un développement plus faible de la méthanisation (3,3 Mtep contre 10,7).

La production d'énergie par le secteur agricole **ne concurrence pas l'alimentation humaine**. La plupart des ressources mobilisées correspondent à de la biomasse lignocellulosique (paille, herbe, couverts végétaux) pour la production de biogaz et de biocarburants deuxième génération (2G). L'utilisation directe de cultures alimentaires pour la production de bioéthanol disparaît. La production de biodiesel et d'huile pure carburant est liée à la production intérieure d'oléagineux (colza, tournesol, soja), elle même dimensionnée par rapport aux besoins de tourteaux en alimentation animale. Les oléagineux fournissent 5,3 Mt de grains dont on extrait 2,1 Mt d'huiles (on prend un rendement moyen de 40 %). On considère qu'un tiers de cette production est dédiée à l'alimentation humaine et à certains usages spécifiques (lubrifiants) et le reste à la production de carburants.

Bilan énergétique de l'agriculture (Mtep)	Actuel ^a	PTEF
RESSOURCES	3,8	5
Biocarburants liquides	3,3 ^b	1,6
Bioéthanol (céréales, betterave)	0,5	0
Biodiesel (colza, soja, huile de palme)	2,8	1
Huile pure carburant ^c	0	0,4
Biocarburants 2G ^d	0	0,2
Biogaz	0,5	3,3
Déchets alimentaires	0,3	0,5
Effluents d'élevage	0,2	0,7
Pailles et autres résidus de cultures	0	0,7
Cultures intermédiaires (couverts végétaux)	0	1,2
Fourrages méthanisés (surplus d'herbe)	0	0,2
Fourrages pour traction animale	0	0,1
USAGES	3,4	2,5
Traction et travaux des champs	2,4	1,7
Carburants liquides	2,4	0,8
Carburants gaz	0	0,8
Traction animale	0	0,1
Combustibles	0,4	0,3
Gaz naturel	0,3	0
Biogaz	0	0,2
Fioul	0,05	0
Bois	0,05	0,1
Électricité	0,6	0,5
BILAN	+0,4	+1

^a Les données sont issues de Agreste (2019) Graph'Agri 2019 ; MTES (2019) Chiffres clés des énergies renouvelables ; Solagro (2016) Afterres2050

^b Dont 20 % importés

^c L'huile pure carburant est issue d'un simple pressage de graines oléagineuses (colza, tournesol...), éventuellement légèrement raffinée. Elle s'utilise telle quelle dans des moteurs spécifiques ou des moteurs diesel ayant un dispositif de préchauffage.

^d Les biocarburants 2G sont produits à partir de biomasse lignocellulosique (pailles, cultures intermédiaires...), ils ont ainsi l'avantage de ne pas concurrencer l'alimentation humaine. Le procédé de conversion est maîtrisé et permet de produire du bioéthanol ou du biodiesel. La filière est cependant encore en développement.

Annexe 2 : Évolution de l'emploi dans le secteur

1- Production agricole

On considère trois paramètres qui jouent sur le besoin en main-d'œuvre dans le PTEF :

- La relocalisation sur le territoire de la majeure partie des productions de fruits et légumes ;
- La généralisation des pratiques agroécologiques ;
- La diversification des activités de transformation et de commercialisation par les producteurs eux-mêmes.

Aujourd'hui, l'agriculture française compte **436 000 fermes** et nécessite une quantité de travail de **710 000 ETP** (Agreste 2019). Les exploitations spécialisées en horticulture maraîchage représentent 15 000 fermes et 60 450 ETP (Agreste 2019).

a. Relocalisation de la production maraîchère

On s'appuie sur le scénario « idéal » du plaidoyer Fermes d'Avenir (2016) qui considère que produire sur le territoire l'ensemble des fruits et légumes consommés par les Français – en prenant en compte l'évolution vers un régime plus végétal – nécessiterait la création de 100 000 fermes de maraîchage diversifié de 2 ha employant en moyenne 4 ETP. Fermes d'Avenir estime un scénario « réaliste » de création de 25 000 fermes d'ici 2030. Nous considérons que d'ici 2050, nous pourrions viser la création de **75 000 fermes** en maraîchage diversifié. La création d'emploi associée serait donc de 300 000 ETP.

Fermes d'Avenir estime par ailleurs que la conversion de l'ensemble des petites exploitations maraîchères actuelles et de la moitié des moyennes exploitations à un modèle d'agriculture biologique et diversifiée permettrait une création supplémentaire de 66 000 ETP.

Nous retenons donc que la relocalisation de la production maraîchère et l'essor du modèle type « Fermes d'Avenir » augmenteraient les besoins en main-d'œuvre d'environ **366 000 ETP**.

b. Généralisation des pratiques agroécologiques

L'hypothèse de base est que **les pratiques agroécologiques nécessitent plus de travail** pour une même production : augmentation des travaux nécessaires à la conduite de cultures plus diversifiées (mise en place, traitement, récolte), mise en place et entretien d'arbres et d'autres éléments de paysage (zones humides, surfaces toujours en herbe), augmentation de l'autoproduction de certains intrants (engrais, semences, aliments pour animaux), etc.

Les études sur le sujet sont peu nombreuses, on se base sur le travail de Bertin et al. (2016) qui évalue le surplus de main-d'œuvre nécessaire dans les exploitations certifiées « agriculture biologique ». Cela permet d'avoir une première idée de ce qui pourrait se passer avec une généralisation des pratiques agroécologiques.

Le surplus de main-d'œuvre en agriculture biologique est en moyenne compris entre 0,2 et 0,5 ETP par exploitation (Bertin et al. 2016). Cette valeur varie selon la taille des exploitations et le type de production. On suppose dans le PTEF une valeur moyenne de **0,35 ETP supplémentaire par exploitation** suite à la mise en œuvre de pratiques agroécologiques. Cette moyenne masque les évolutions propres à certaines productions et **sous-estime** probablement le besoin réel si on considère que le modèle agricole de demain sera encore plus intensif en main-d'œuvre que le modèle d'agriculture biologique d'aujourd'hui pour les raisons évoquées plus haut (diversification des cultures et des paysages, plus grande autoproduction). Nous considérons néanmoins que cela permet de donner **un premier ordre de grandeur des évolutions attendues**.

En appliquant les 0,35 ETP supplémentaires à 90 % des exploitations actuelles hors maraîchage¹², soit 379 000 fermes, on obtient un besoin en main-d'œuvre supplémentaire de **133 000 ETP**.

Nous faisons avec cette méthodologie **l'hypothèse que l'évolution des volumes de production, en particulier dans l'élevage, ne joue pas sur l'emploi**. Au contraire, dans le PTEF le nombre d'éleveurs augmente suivant la valeur moyenne de 0,35 ETP par exploitation. Ces choix sont réalistes d'un point de vue économique (**annexe 3**), notamment par la baisse de charges et l'augmentation des prix payés aux producteurs. Une analyse plus fine, par filière de production, reste néanmoins souhaitable.

c. Diversification des activités à la ferme

On suppose que la relocalisation des circuits de distribution et la recherche d'une meilleure valeur ajoutée poussent les agriculteurs à développer les activités de transformation à la ferme et la commercialisation en vente directe.

Sur la base de l'étude de Bertin et al. (2016), nous prenons une valeur moyenne de **0,5 ETP en plus par exploitation** développant une activité de transformation ou de vente directe. Les mêmes réserves que celles évoquées plus haut pour l'agroécologie s'appliquent ici par rapport à la méthodologie et au choix de cette valeur moyenne.

En appliquant ce facteur à 20 % des exploitations actuelles hors maraîchage¹³, soit 84 000 fermes, la quantité de travail supplémentaire est de **42 000 ETP**.

d. Total production agricole

Au total, **541 000 ETP** sont créés dans la production agricole.

2- Pêche et aquaculture

On suppose ici que les emplois dans les différentes filières évoluent **proportionnellement aux volumes des productions** (voir partie IV). La ventilation de ces volumes entre pêche industrielle, pêche artisanale et pisciculture a par ailleurs été faite de manière à ce que l'augmentation du prix à payer en sortie de bateau ou de bassin **ne dépasse pas 50 %**. Avec l'objectif d'une diminution par deux des volumes produits pour préserver la ressource et limiter les impacts liés à la pêche industrielle, ce seuil de 50 % est un **compromis** entre le maintien de l'emploi dans le secteur et le consentement à payer le poisson plus cher.

Au total, **4 000 ETP** sont perdus dans cette branche du système alimentaire.

Emplois dans la pêche et l'aquaculture (ETP)	Actuel (2017) ^a	PTEF (2050)
Pêche industrielle	6 500	2 530
Pêche artisanale	7 040	6 410
Pisciculture	2 450	3 020
Conchyliculture	6 380	6 380
TOTAL	22 370	18 340

^a Données issues de STECF (2019)

¹² Exclusion des exploitations déjà en bio et de certaines considérées comme mettant déjà en œuvre de nombreuses pratiques agroécologiques. Le maraîchage est quant à lui traité dans la partie précédente.

¹³ Cela correspond à un doublement par rapport au nombre d'exploitations ayant actuellement ce genre d'activités de diversification.

3- Industries agroalimentaires

L'activité des industries agroalimentaires hors fabrication de boissons représente **339 510 ETP** en 2016 (ESANE 2016)¹⁴. On suppose que le PTEF fait évoluer les besoins en main-d'œuvre de deux manières.

Un premier effet est lié à **la variation des volumes à traiter** (voir partie IV). On fait l'hypothèse que les conséquences sur l'emploi sont proportionnelles à ces changements.

Un deuxième effet est lié à **la reterritorialisation de certaines filières** et donc des outils de transformation. On fait l'hypothèse que pour un volume donné de produits agricoles à traiter, le fait que cette transformation soit assurée par un plus grand nombre d'unités mieux réparties sur le territoire a un effet positif sur l'emploi. Il n'existe pas à notre connaissance d'étude sur le sujet, aussi fixons-nous **arbitrairement** la valeur de cette augmentation à **5 %** en considérant qu'il s'agit d'une estimation prudente. Cette hypothèse devra à l'avenir être consolidée et différenciée selon les filières, mais les ordres de grandeur en jeu ne devraient pas changer.

Les calculs présentés dans le tableau ci-dessous **ne tiennent pas compte des exportations et des importations**. Ils gagneraient à être consolidés en ce sens, mais à nouveau, nous considérons que cela ne change pas les ordres de grandeur estimés.

Emplois dans l'agroalimentaire (ETP)	Actuel (2016) ^a	Effet volume	PTEF (2050)
Travail des grains et fabrication produits amylicés	13 090	+65 % ^b	22 690
Fabrication produits boulangerie-pâtisserie et pâtes	44 140	+35 % ^c	62 570
Transformation fruits et légumes	23 180	+20 % ^d	29 210
Fabrication huiles et graisses animales et végétales	3 540	0 % ^e	3 710
Fabrication produits laitiers	55 980	-33 %	39 380
Transformation viandes et préparations viandes	98 930	-67 %	34 280
Transformation produits de la mer	12 670	-50 %	6 650
Fabrication aliments pour animaux	16 540	-67 %	5 730
Fabrication autres produits alimentaires ^f	71 440	0 % ^f	75 020
TOTAL	339 510		279 240

^a Données issues de la base de données ESANE de l'INSEE

^b La consommation de pain, pâtes, riz, autres céréales et légumineuses passe de 190 à 350 g/j, on suppose qu'un quart de cette augmentation correspond à des produits peu transformés (produits secs en vrac). L'augmentation des volumes à transformer est donc de 120 g/j. En supposant qu'une partie (5 %) de notre consommation actuelle est déjà peu transformée, les besoins en transformation augmentent par conséquent d'environ 65 %.

^c La consommation de pain, pâtes, riz, autres céréales passe de 180 à 270 g/j soit une augmentation de 50 %. Ce taux s'applique aux catégories « fabrication industrielle de pain et pâtisseries fraîche » et « fabrication de pâtes alimentaires » qui regroupent 31 950 ETP soit 72 % du poste « fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et pâtes ». L'effet volume total est donc d'environ 35 %.

^d La production française double, on suppose que seule 20 % de cette hausse est transformée.

^e On suppose que les pertes d'emplois pour la production de graisses animales sont compensées par des gains d'emplois pour la production de graisses végétales.

^f Sucre, chocolats, confiseries, thés et cafés, sauces, plats préparés. On suppose que la baisse des consommations pour certains de ces produits est compensée par une hausse des consommations pour d'autres produits transformés (protéines alternatives végétales notamment).

Au total, environ **60 300 ETP** sont perdus dans les industries agroalimentaires.

4- Autres activités du secteur

¹⁴ Les chiffres présentés dans la base de données ESANE sont sensiblement inférieurs à ceux donnés par le ministère de l'agriculture (Agreste 2019). Nous retenons les chiffres de la première base de données afin de faciliter les comparaisons avec les autres secteurs du PTEF.

a. Fourniture d'intrants et de services

Les emplois dans la **filière fertilisation** sont estimés à 4 210 ETP en 2016 (ESANE 2016). On suppose qu'environ 60 % des 3 000 kt d'engrais minéraux sont importés, le reste (1 200 kt) est produit sur le territoire (GCL 2010). Les consommations d'engrais minéraux diminuent de 85 % dans le cadre du PTEF. On suppose que les baisses de consommation se traduisent d'abord par une diminution des importations puis par une diminution des productions sur le territoire. Ainsi, on fait l'hypothèse que la filière réduit son activité d'environ 50 %, fournit les 500 kt de consommation territoriale et exporte le surplus. En conséquence, **2 100 ETP sont perdus**.

Les emplois dans la **filière pesticides** sont quant à eux estimés à 5 530 ETP en 2016 (ESANE 2016). La balance commerciale du secteur est *a priori* positive¹⁵. On suppose une baisse d'activité de 50 % pour la filière, compatible avec l'approvisionnement des exploitations françaises (consommation en baisse de 85 %) et le maintien d'un solde exportateur. La baisse d'emplois associée est d'environ **2 800 ETP**.

Les services vétérinaires (soins, production et distribution de médicaments) représentent 19 700 ETP¹⁶. Environ 23 % du chiffre d'affaires du secteur concerne les bovins et 5 % les autres animaux de ferme, soit respectivement 4 530 et 990 ETP. On suppose une réduction de l'activité proportionnelle à la diminution du cheptel bovin de 57 % et du reste des animaux de ferme de moitié. La perte d'activité associée est donc d'environ **3 100 ETP**.

b. Commerce et négoce

Les emplois dans les secteurs du commerce de gros de produits agricoles bruts et du commerce de gros de produits alimentaires et boissons représentent respectivement 39 280 et 154 320 ETP (ESANE 2016). On suppose que la diminution globale des volumes produits et des flux logistiques a un effet négatif sur l'emploi dans ces secteurs. Nous faisons l'hypothèse d'une diminution de 10 %, celle-ci restant à consolider. Par conséquent, environ **19 400 ETP sont perdus**.

c. Artisanat commercial

Ce secteur rassemble les métiers d'artisans boulangers-pâtisseries (133 340 ETP plus 6 780 ETP pour la cuisson des produits de boulangerie) et bouchers-charcutiers (10 610 ETP). Nous faisons l'hypothèse d'une augmentation de 10 % en boulangerie-pâtisserie et d'une diminution de 20 % en boucherie-charcuterie. Ces valeurs sont indicatives et nécessiteraient d'être consolidées avec des données de consommation et d'économie des secteurs en question. Il en résulte une **création nette de 11 900 ETP**.

5- Bilan évolution de l'emploi dans le secteur

Emplois dans le système alimentaire (ETP)	Actuel	Variation	PTEF (2050)
Production agricole	710 000	+541 000	1 241 000
Pêche et aquaculture	22 370	-4 030	18 340
Industries agroalimentaires	339 510	-60 270	279 240
Fourniture d'intrants et de services	15 260	-8 000	7 260
Commerce de gros et négoce	193 600	-19 360	174 240
Artisanat commercial	150 730	+11 890	162 620
TOTAL	1 431 470	+451 230	1 882 700

¹⁵ D'après les informations de 2016 du ministère de l'économie et des finances. Bilan de l'enquête annuelle sur le marché des produits phytopharmaceutiques. [Accessible en ligne](#).

¹⁶ D'après la note de 2018 de l'INSEE sur le sujet. L'activité des vétérinaires : de plus en plus urbaine et féminisée. [Accessible en ligne](#).

Annexe 3 : Évolution de la valeur créée et de sa répartition

Le tableau ci-dessous donne un aperçu de ce à quoi pourrait ressembler l'équilibre économique du secteur agricole après transformation. Les valeurs sont **indicatives** et servent avant tout à montrer où se situent les marges de manœuvre pour rémunérer une population agricole plus importante.

Bilan comptable du secteur agricole	Actuel ^a	PTEF (2050)
Ressources (milliards d'euros)		
Productions (a)	73,6	69,1
Végétales	43	42
<i>variation du volume</i>		-15 %
<i>variation du prix</i>		+15 %
Animales	25,9	20,2
<i>variation du volume</i>		-60 %
<i>variation du prix</i>		+95 % ^b
Services	4,7	6,8 ^c
Subventions (b)	9	11,1 ^d
Emplois (milliards d'euros)		
Consommations intermédiaires (c)	45	27,2 ^e
Semences et plants	2,5	2,3
Engrais	3,9	1,6
Pesticides	3,2	1,3
Dépenses vétérinaires	1,4	0,6
Aliments pour animaux	14,7	4,4
Énergie et lubrifiants	3,8	1,9
Entretien matériel et bâtiments	3,8	3,4
Services de travaux agricoles	4,4	4,4
Autres biens et services	7,3	7,3
Consommation de capital fixe (d)	10,3	6,2 ^f
Impôts à la production (e)	1,6	1,6
Revenus des facteurs de production		
Rémunération des salariés (f)	7,9	10,1
Charges locatives (g)	2,6	2,6
Charges financières (h)	0,6	0,6
Valeur ajoutée brute (A = a - c)	28,6	41,9
Excédent brut d'exploitation (B = A + b - e - f)	28,1	38,9
Résultat courant avant impôts (C = B - d - g - h)	14,6	29,6
Rémunération des actifs		
Nombre total d'UTA (= ETP)	710 000	1 241 000
Nombre d'UTA non salariées	468 000	880 000 ^g
RCAI par UTA non salariées (euros)	31 200	33 600
Revenu brut mensuel des non salariés (euros)	2 600	2 800
Nombre d'UTA salariées	244 000	361 000
Revenu brut mensuel des salariés (euros)	2 190	2 330

^a Moyenne 2014-2018 d'après les données INSEE (2019), Comptes de l'agriculture en 2018.

^b Les variations de volumes sont des conséquences de la transformation du secteur (voir partie IV). Le prix payé pour les productions végétales est fixé arbitrairement à +15 %. **Le prix payé pour les productions animales est la variable d'ajustement du modèle.** D'autres règles de calcul sur la fixation des prix seraient possibles.

^c On suppose que l'agriculture **produit et vend de l'énergie** en plus des activités actuelles : 1,9 Mtep (22,1 TWh) à 10 centimes le kWh.

^d On suppose que les subventions publiques diminuent de 10 % d'ici 2050 (contraction du budget) mais qu'on **reverse aux agriculteurs de l'argent économisé dans d'autres secteurs (santé, traitement de l'eau)** grâce aux changements de pratiques. Une étude propose une valeur basse de 7,6 milliards d'euros de dépenses publiques (santé et traitement de l'eau)

liées aux pollutions agricoles et aux régimes alimentaires actuels (Bà et al. 2015). On suppose que la généralisation de l'agroécologie permettra d'économiser 3 milliards d'euros qui seront reversés aux agriculteurs.

^e Les hypothèses de **réduction des consommations Intermédiaires** sont liées aux impacts estimés de la généralisation de l'agroécologie (voir notamment partie D et annexe 2).

^f On suppose que l'agriculture devient **moins intensive en capital** (moins de bâtiments et de matériel pour l'élevage notamment).

^g On fixe arbitrairement le nombre d'actifs non salariés et on « complète » avec des salariés pour atteindre le nombre total d'UTA. On projette un ratio non salariés / salariés légèrement plus haut que l'actuel.

Annexe 4 : Séquestration du carbone dans les sols agricoles

La question du stockage (ou séquestration) du carbone dans les sols – en particulier les sols agricoles – revient fréquemment dans les exercices de prospective climatique. Nous donnons ici quelques éléments d'analyse et expliquons les choix faits dans le cadre du PTEF.

1- Contexte

Les sols contiennent de grandes quantités de carbone stocké dans des molécules organiques relativement stables et résistantes à la dégradation (particules humiques). Le stock total en France est estimé à environ 3 600 millions de tonnes de carbone (MtC). Ce stock peut varier et générer ainsi un stockage ou un relargage de carbone (autrement dit de CO₂).

Les taux de carbone dans les sols diffèrent selon « l'usage » qui est fait des terres. Le sol des **forêts** et des **prairies permanentes** contient de l'ordre de 80 tonnes de carbone (tC) par hectare (Pellerin et al. 2019). Celui des **cultures** et des **prairies temporaires** contient de l'ordre de 50 tC/ha. Ainsi, convertir une prairie permanente en cultures conduit à un déstockage de carbone et donc à des émissions de CO₂.

Le niveau de carbone des sols est lié à leur richesse en matière organique (en humus). **Augmenter le niveau de matière organique des sols est donc un moyen de stocker du carbone atmosphérique.**

Une récente étude de l'INRA a cherché à évaluer le potentiel de stockage de carbone dans les sols français (Pellerin et al. 2019). Les chercheurs concluent que **le gisement principal (86 %) se trouve dans les terres de grandes cultures**. Les forêts et les prairies permanentes affichent en effet déjà des hauts niveaux de matière organique qu'il est difficile d'augmenter davantage. **Ils estiment le potentiel maximal de stockage à 30 MtCO₂ par an sur une période de 30 ans.**

2- Limites

La présente étude, à l'instar d'autres travaux (Garnett et al. 2017), pointe plusieurs limites qu'il est important d'avoir en tête par rapport à cette problématique.

Il y a une confusion fréquente entre les flux et les stocks. Avoir un stock de carbone élevé (dans une prairie permanente par exemple) **n'implique pas** un *stockage* important de carbone (une *augmentation* de ce stock).

Le stockage du carbone est un processus **temporaire**. Lorsqu'on adopte des pratiques favorisant la séquestration du carbone (enfouissement de davantage de matière organique grâce à des cultures intermédiaires, agroforesterie...), le niveau de carbone augmente **jusqu'à atteindre un nouvel état d'équilibre** où le flux entrant de carbone organique est proche du flux

sortant de carbone minéralisé par les décomposeurs du sol¹⁷. On estime qu'en **une trentaine d'années** l'essentiel de la séquestration additionnelle est faite.

La séquestration de carbone est **réversible**. Si les pratiques agricoles ayant permis d'augmenter le stock cessent ou si les conditions climatiques favorisent le déstockage (ce à quoi on s'attend avec le dérèglement du climat), le CO₂ ayant été stocké est relargué.

La séquestration de carbone est **très difficile à mesurer**. Dans une parcelle donnée il y a une grande variabilité, de nombreux prélèvements sont donc nécessaires pour avoir une estimation robuste. Il faut par ailleurs les répéter sur plusieurs années pour commencer à avoir une idée fiable de la tendance. De plus, les variations dues à d'éventuelles nouvelles pratiques sont faibles par rapport au niveau global (de l'ordre de 0,1-0,5 % en grandes cultures par exemple), **elles peuvent donc passer facilement inaperçues** étant donnée l'incertitude des appareils de mesure ou la variabilité des prélèvements. Il faut donc passer par des modèles pour faire des estimations des potentiels de stockage, sans vraiment pouvoir confirmer quoi que ce soit autrement que par des campagnes de suivi intensives sur le terrain.

Augmenter la séquestration de carbone peut avoir **des effets sur d'autres gaz à effet de serre**. Typiquement, il faut plus d'azote pour intégrer plus de matière organique dans les sols. Cet azote sera utilisé par des bactéries dont le métabolisme libère du N₂O, un puissant gaz à effet de serre. Il en va de même si on décide de convertir des cultures en prairies pour y mettre des ruminants (émissions de méthane et de N₂O).

3- Positionnement du PTEF sur la séquestration du carbone dans les sols agricoles

Étant donnée la perspective de long terme du PTEF, on considère que « le gros » de la séquestration associée aux changements de pratiques agricoles aura déjà eu lieu d'ici 2050. Même s'il reste un stockage de l'ordre de 10 MtCO₂ en 2050, ce flux deviendra négligeable quelques décennies plus tard. De plus, nous ne pouvons pas prévoir le déstockage de carbone lié par exemple à l'augmentation des sécheresses, qui réduira d'autant le poste « stockage de carbone des terres agricoles ». **Aussi nous considérons qu'il est plus prudent de ne pas tenir compte de ce poste pour le chiffrage GES à horizon 2050.**

En revanche, les pratiques agricoles qui permettent une plus grande séquestration de carbone **sont à favoriser en elles mêmes** car elles ont aussi une grande pertinence agronomique. Augmenter le taux de matière organique dans les sols permet d'améliorer de nombreux paramètres (rétention d'eau et des nutriments, biodiversité du sol...) et amène d'autres bénéfices (production de biomasse valorisable en énergie ou en matériau). En revanche, la comptabilité précise du CO₂ stocké suite à tel ou tel changement de pratiques sera vraisemblablement très difficile à conduire. Il y a donc un risque de commencer à prévoir des processus complexes de rémunération à la tonne de carbone séquestrée en oubliant le côté temporaire du phénomène et en hiérarchisant mal les priorités. Celles-ci étant de **préserver les stocks de carbone existants et de réduire fortement nos émissions de GES.**

¹⁷ On peut éventuellement conserver un *faible* niveau de séquestration de long terme avec de la matière organique qui finira dans les futures couches géologiques (sur place ou exportée vers les bassins sédimentaires par les pluies et les rivières).



DOCUMENT DE TRAVAIL

Forêt et Bois

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette *Vision globale* – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne](#).

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution](#).

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de la Forêt et du Bois dans le PTEF

Périmètre du secteur (activités incluses dans le périmètre) et interactions avec les autres secteurs :

Le secteur forêt et bois tel que retenu dans le PTEF rassemble les activités de **sylviculture et d'exploitation forestière**, ainsi que les filières de fabrication des produits à base de bois : **scieries, usines de panneaux, production d'articles en bois et de meubles, industrie du papier et du carton**.

La filière bois interagit fortement avec les secteurs de l'énergie (bois énergie, bois de chauffage auto-consommé) et du bâtiment (sciages, panneaux, matériaux isolants). Elle peut également fournir la matière première à l'industrie chimique pour la fabrication de produits biosourcés.

Organisation interne de ce secteur et interactions avec les autres équipes :

L'équipe forêt et bois a interagi avec les équipes en charge du bâtiment, de l'industrie et du système alimentaire.

Elle a également participé aux chantiers de mise en cohérence des flux d'énergie et des flux de matière.

II- Notre point de départ

Description du secteur forêt et bois actuel :

- **La forêt française couvre 30 % du territoire métropolitain** avec 16,8 millions d'hectares, dont 10,9 exploités (du Bus de Warnaffe et Angerand 2020). Les forêts exploitées fournissent à l'année de l'ordre de **65 millions de mètres cubes (Mm³) de bois** répartis entre bois d'œuvre, bois industrie et bois énergie. Cela correspond à un prélèvement d'environ 80 % de la production biologique de ces forêts (du Bus de Warnaffe et Angerand 2020). S'y ajoutent 6,5 Mm³ de bois récolté hors forêt (haies, arbres épars ou d'alignement...).

Prélèvements annuels de bois (Mm3)	Moyenne 2009-2015 ^a
Bois commercialisé récolté en forêt	44,6
dont bois d'œuvre	20,9
dont bois industrie	10,6
dont bois énergie	13,1
Bois énergie non commercialisé	26,8
dont bois récolté en forêt	20,3
dont bois récolté hors forêt	6,5

^a Données issues de AF Filières (2018)

- Ces ressources permettent la fabrication de divers produits (voir chiffrage en annexe). Le **bois d'œuvre (BO)** est traité dans les scieries et fournit des « sciages » (planches, poutres...) utilisés principalement dans la construction, la fabrication de parquet, de mobilier, de palettes et d'emballages. Le **bois industrie (BI)** est broyé et les fibres obtenues servent à la fabrication de panneaux ou de pâte à papier. Le **bois énergie (BE)** est utilisé pour produire de la chaleur – comme tel ou sous forme de granulés – par les ménages, les chaufferies collectives ou les chaudières industrielles.

- La France exporte un peu de bois d'œuvre (voir annexe pour les chiffrages) mais est déficitaire en sciages. Elle importe également de la pâte à papier, des papiers et des cartons. Le **déficit commercial** du secteur s'élève à 6,7 milliards d'euros en 2018 (Agreste 2019).
- Aujourd'hui **l'utilisation des produits bois dans la construction / rénovation est d'environ 4,2 Mm³** (volume des produits bois mobilisés, d'après BIPE FCBA 2019, voir chiffrage en annexe 1¹). On y trouve pour 2,7 Mm³ des produits issus du sciage des bois d'œuvre (charpente, structure, parquet...) et pour 1,5 Mm³ des produits issus de la filière panneaux du bois industrie (structure, isolation, aménagement intérieur...).
- La forêt française est encore relativement jeune et les volumes de bois sur pied s'accroissent. Cela crée un **puits de carbone** annuel de l'ordre de 87 MtCO₂ (Roux et al. 2017). À noter que le puits de carbone forestier estimé dans l'étude citée est supérieur à celui rapporté dans le cadre des inventaires d'émissions nationaux de la CCNUCC (environ 50 MtCO₂) qui adoptent une méthodologie différente (modèles vs inventaires forestiers, non prise en compte du carbone de la biomasse morte et des sols). Il en va de même pour l'effet stockage des produits bois, évalué à près de 2 MtCO₂ dans l'inventaire de la CCNUCC.

Puits de carbone des forêts françaises (MtCO ₂ / an)	Valeur (2013) ^a
Biomasse vivante feuillus	56
Biomasse vivante résineux	14
Biomasse morte	10
Carbone des sols	7
Produits bois ^b	0
Total	87

^a Données issues de Roux et al. (2017)

^b Stockage de carbone lié à l'augmentation du stock de produits bois dans les bâtiments et objets. La valeur zéro signifie que ce stock est considéré comme stable aujourd'hui : on ajoute autant de produits bois qu'on en détruit chaque année (Roux et al. 2017).

- La forêt française montre une certaine **hétérogénéité** dans sa gestion. Certaines parcelles sont laissées en libre évolution tandis que d'autres sont conduites en plantations monospécifiques homogènes à croissance rapide. Toute une diversité existe entre ces deux modes de gestion.

Grands enjeux physiques et environnementaux :

- **L'adaptation des forêts françaises au changement climatique est un enjeu majeur.** L'augmentation des sécheresses, les incendies plus fréquents, l'activité accrue et la migration des insectes et des pathogènes, risquent de provoquer d'importants dépérissements dans les forêts. Il est reconnu que la diversité des peuplements (espèces présentes, différences d'âge entre les arbres) est un facteur de résilience (du Bus de Warnaffe et Angerand 2020). Cependant **les avis divergent** sur la capacité des forêts à s'adapter suffisamment rapidement sans intervention humaine (ONERC 2015 ; Roux et al. 2017 ; du Bus de Warnaffe et Angerand 2020).

¹ Le chiffrage en question présente les données en Mm³ « équivalent fibre », une unité qui permet de comparer des produits bois de densité différente (par exemple des sciages et des panneaux). Les 4,2 Mm³ de produits bois évoqués correspondent ainsi à 5,6 Mm³ équivalent fibre.

- Le secteur forêt et bois peut participer de quatre manières à la lutte contre le changement climatique :
 - par la séquestration du carbone lors de la **croissance des forêts** ;
 - par la constitution d'un puits de carbone lors de l'utilisation de **produits bois** à longue durée de vie dans la construction ;
 - par la **substitution des produits bois à des matériaux de construction à forte empreinte carbone** (béton, acier) ;
 - par la **substitution des produits bois à des énergies fossiles** pour la production d'énergie.

III- Le chemin proposé par le PTEF

1- Maintenir le puits de carbone forestier et augmenter l'usage des produits bois dans la construction / rénovation

- À l'échelle nationale, la contribution des produits bois à la diminution des émissions de GES est et restera relativement limitée, quel que soit le niveau des prélèvements (voir partie IV). Nous pensons donc que **l'adaptation des forêts au changement climatique doit rester le premier facteur guidant les stratégies de gestion**, ceci afin d'éviter à terme une forte mortalité et toutes les conséquences négatives associées (émissions de GES, déclin de la biodiversité, perturbation du cycle de l'eau, diminution de la ressource en bois...).
- La variabilité des peuplements forestiers oblige à **une analyse au cas par cas** pour identifier les espèces les plus vulnérables à couper en priorité et les situations « d'impasse » et de dépérissement qui nécessitent de raser et de replanter. Nous renvoyons pour ces aspects techniques aux études existantes, en soulignant que les exercices de prospective dans le domaine sont difficiles et les recommandations parfois contradictoires (ONERC 2105 ; Roux et al. 2017 ; du Bus de Warnaffe et Angerand 2020).
- Une fois fixé cet objectif de résilience, l'utilisation des produits bois dans la construction et la rénovation constitue **l'usage le plus intéressant de la ressource forestière** du point de vue de l'emploi, de la valeur ajoutée, et des émissions de gaz à effet de serre (GES) évitées. Les produits bois à longue durée de vie constituent un puits de carbone lors de la formation du stock et remplacent des matériaux à forte empreinte carbone comme le béton ou l'acier. En nous basant sur des travaux déjà publiés, nous proposons une transformation du secteur permettant **d'augmenter de 140 %** l'utilisation des produits bois dans la construction / rénovation d'ici 2050 (BIPE FCBA 2019). Cette hypothèse sur les besoins en bois d'œuvre détermine en grande partie l'évolution du secteur, **elle est discutée au début de la partie IV**.
- Toutefois, une augmentation rapide des prélèvements forestiers pour permettre la fabrication de ces produits bois s'accompagne d'un **déstockage du carbone** séquestré dans les forêts car seule une partie du bois récolté est réellement transformée en produits de longue durée de vie, le reste est brûlé en quelques années. À court terme, une augmentation marquée des prélèvements conduit donc à une hausse des émissions de GES. Celle-ci est compensée à long terme par la croissance des nouveaux arbres remplaçant ceux prélevés.

- Du point de vue des émissions de GES évitées grâce aux produits bois, il y a donc **un compromis à trouver entre prélèvements et stockage en forêt**. Différents scénarios ont été proposés en ce sens (Roux et al. 2017, du Bus de Warnaffe et Angerand 2020). Nous considérons qu'il est prudent de **ne pas augmenter l'intensité des prélèvements** et de les maintenir en moyenne à leur niveau actuel (80 % de la production biologique annuelle dans les forêts exploitées). Le taux de prélèvement reste stable mais les volumes récoltés augmentent néanmoins car la forêt française s'accroît en vieillissant.
- L'objectif est atteint en jouant sur plusieurs leviers :
 - une augmentation des surfaces gérées ;
 - une meilleure valorisation des feuillus et des gros bois ;
 - un renforcement de la hiérarchie des usages pour les bois de qualité intermédiaire ou peu demandés ;
 - un développement des outils de transformation nécessaires ;
 - une fabrication de produits bois privilégiant ceux à grande durée de vie.

Les mesures à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs seront précisées ultérieurement suite à une concertation avec les professionnels et experts du secteur.

2- Augmenter la ressource de bois hors forêt

- En lien avec la généralisation de l'agroécologie, le PTEF prévoit une **multiplication par 2,5 du linéaire de haies d'ici 2050** et un **doublé du nombre d'arbres de plein champ**. Cela correspond à la plantation de 900 000 km de haies en 30 ans, soit 30 000 km par an. À titre de comparaison, l'arrachement des haies entre 1975 et 1987 était de 45 000 km par an en moyenne (Pointereau et Coulon 2006). Les arbres de plein champ gagnent quant à eux 300 000 ha.
- Cette ressource fournit principalement du bois énergie pour des utilisations locales, mais certains arbres peuvent également être valorisés en bois d'œuvre. La ressource est répartie de manière homogène sur le territoire.

IV- Le secteur forêt et bois après transformation

Description physique du secteur après transformation :

- Les forêts évoluent en fonction des stratégies de gestion adoptées localement pour faire face au changement climatique, aux insectes ou aux maladies : diversification des essences et des classes d'âges, remplacement des peuplements en déclin en intégrant de nouvelles espèces...
- Le **chiffrage complet** des ressources en bois et de leurs usages après transformation du secteur est présenté en annexe. Il s'agit avant tout d'une **évaluation indicative** de ces évolutions. En particulier, l'hypothèse sur les besoins en produits bois pour la construction / rénovation est structurante pour l'ensemble de la filière et d'autres valeurs pourraient être choisies que celles retenues ici (BIPE FCBA 2019). Notons que le scénario TERRACREA (2014) propose des **hypothèses proches** : 7 Mm³ pour les sciages utilisés en construction contre 7,4 Mm³ pour BIPE FCBA (2019). Par ailleurs, **les besoins actuellement estimés par le secteur bâtiment du PTEF sont inférieurs à ces valeurs**,

vu la réduction de la construction de logements neufs. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour consolider les interactions entre les secteurs « forêt bois » et « construction » au sein du PTEF, et notamment sur le bâtiment tertiaire, qui n'a pas encore été pris en compte.

- Les prélèvements totaux en forêt augmentent légèrement (environ 5 %) en **suivant l'accroissement de la production biologique** lié au vieillissement des peuplements.
- L'augmentation de la production de bois d'œuvre entraîne une augmentation de la ressource « liée » en bois industrie et bois énergie (BIBE)². Nous faisons l'hypothèse d'une **plus grande sobriété dans l'usage du papier et des cartons** (moins d'emballages, de consommables dans les bureaux, de prospectus, publicités et journaux). On suppose ainsi que les **besoins en pâte à papier diminuent** d'environ 20 % ce qui permet d'alléger le déficit commercial lié. Le BIBE est ainsi principalement valorisé dans la filière panneaux et en bois énergie.
- Pour la **filière panneaux**, nous supposons une diminution des exportations qui permet de satisfaire l'augmentation des besoins sur le territoire.
- Pour les **sciages issus du bois d'œuvre**, la production sur le territoire augmente de 40 %. L'accent est mis sur la fabrication de produits bois destinés à la construction / rénovation **au détriment des produits à moindre durée de vie** (palettes, emballages...). Nous faisons donc l'hypothèse d'une plus grande efficacité et sobriété dans l'usage de ces derniers produits (diminution des besoins en logistique, plus grande durée de vie...).
- Au final, l'utilisation de produits bois en construction / rénovation passe de 4,2 Mm³ à **10,1 Mm³**, principalement sous forme de sciages issus de bois d'œuvre (7,4 Mm³) complétés par des panneaux issus du bois industrie (2,7 Mm³).

Les impacts du secteur après transformation :

- Différentes dynamiques jouent sur le puits de carbone du secteur :
 - l'accroissement du stock sur pied lié au vieillissement des peuplements ;
 - l'augmentation en absolu des volumes récoltés ;
 - la constitution d'un stock de produits bois à longue durée de vie ;
 - la hausse de la mortalité due aux perturbations climatiques ou biologiques.
- Nous faisons l'hypothèse que leurs effets conjugués conduisent au **maintien du puits actuel autour de 90 MtCO₂ par an** (conformément par exemple aux résultats du scénario « compromis » de l'étude de du Bus de Warnaffe et Angerand 2020). Sans chercher à chiffrer précisément l'évolution des stocks dans les différents compartiments du secteur, nous prévoyons une diminution du puits lié à la biomasse vivante et une augmentation des puits liés à la biomasse morte, au carbone des sols forestiers, et aux produits bois.
- Concernant les **effets de substitution** des produits bois à d'autres matériaux de construction ou à d'autres sources d'énergie, les méthodes de calcul montrent une grande diversité (Sathre et O'Connor 2010). Les valeurs de « coefficient de substitution » obtenues (tonnes de CO₂ évitées par m³ de produits bois utilisés) en substitution « matériau » dépendent par exemple de la prise en compte ou non de la

² Cette ressource « liée » correspond à la partie haute du tronc et aux branches de petit diamètre, non utilisables en sciages, et associées aux arbres récoltés pour le bois d'œuvre.

valorisation énergétique des connexes produits lors du sciage des bois d'œuvre, ou des produits bois en fin de vie.

- Par ailleurs, il est important de bien avoir à l'esprit le côté **relatif** des effets de substitution. Si le bois énergie vient par exemple remplacer de l'électricité décarbonée, l'effet est nul en terme de GES. Il en va de même si les procédés de fabrication du béton ou de l'acier réduisent leur intensité carbone. Ainsi, dans une perspective d'économie fortement décarbonée à l'issue du PTEF, ces effets de substitution matériau ou énergie seront vraisemblablement **bien plus faibles qu'aujourd'hui**.
- Etant données l'approche systémique et la vision de long terme adoptées dans le PTEF, quantifier ici les émissions de GES évitées grâce aux produits bois nous ferait prendre le **risque d'un double comptage**. La baisse réelle des émissions sera en effet une conséquence de la diminution de l'utilisation de béton et d'acier dans le secteur du bâtiment et doit donc être prise en compte par le secteur en question. Ce bouclage intersectoriel permet également de s'assurer que l'augmentation des produits bois n'aura pas comme **effet rebond** d'encourager les constructions neuves sans avoir d'impact réel sur la réduction de la consommation de béton et d'acier.

Description « emploi » du secteur :

L'activité du secteur augmente dans le cadre du PTEF. De nouveaux emplois sont nécessaires pour assurer **un suivi et une gestion au cas par cas des peuplements forestiers** et renforcer leur résilience face aux perturbations climatiques et écologiques. La **fabrication des produits bois** augmente dans l'ensemble mais se réorganise pour favoriser les produits à longue durée de vie. **La plantation, l'entretien et la valorisation des nouvelles haies** nécessitent également de la main d'œuvre.

Au final nous prévoyons **une création nette de l'ordre de 30 000 ETP** dans le secteur.

Emplois dans le secteur forêt bois (milliers d'ETP)	Actuel (2016) ^a	PTEF (2050)
Sylviculture et exploitation forestière	26	29 ^b
Travail du bois et fabrication d'articles en bois (hors meubles)	50	60 ^c
Fabrication de meubles	36	32 ^d
Industrie du papier et du carton	59	65 ^e
Entretien et valorisation de la ressource non forestière	1 ^f	14 ^g
Total	171	201

^a Données issues de la base de données ESANE de l'INSEE

^b On suppose une hausse de 12 % des besoins. Cette hypothèse arbitraire mériterait d'être consolidée mais souligne l'enjeu lié à cette profession.

^c On suppose une hausse de 20 % des besoins correspondant à l'augmentation des volumes de sciages et de panneaux à traiter (passage respectivement de 10,1 Mm³ à 12,4 Mm³ et de 6,8 Mm³ à 7,5 Mm³). On suppose une réorganisation interne avec les fabricants de palettes, emballages et autres produits bois à courte durée de vie dont l'activité diminue.

^d On suppose une diminution d'environ 10 % des besoins en meubles par une plus grande sobriété.

^e On suppose une augmentation proportionnelle à l'augmentation des volumes traités (+10 %).

^f Sans données sur lesquelles s'appuyer, on suppose que 1 000 ETP sont aujourd'hui spécifiquement dédiés à la valorisation des haies (entreprises spécialisées ou agents des collectivités territoriales).

^g On s'appuie sur l'ensemble des hypothèses suivantes : km de haies (ou équivalent arbres de plein champ) supplémentaires à valoriser = 1 million ; temps de travail lié à l'entretien (coupe et rangement) d'un km de haies = 70 h (AFAC 2015) ; temps de travail supplémentaire lié à la valorisation énergétique (broyage, transport et rangement) = +50 % (Mission Haies Auvergne 2016) ; temps entre deux coupes = 4 ans ; part de la valorisation réalisée par les agriculteurs eux-mêmes = 20 % ; travail annuel d'un ETP = 1 600 heures. Le calcul est donc : nombre d'ETP supplémentaires nécessaires = $[(70 + 70 \times 0,5) \times 106 / 4] \times 0,8 / 1600$

Annexe 1 : Évolution des ressources en bois et de leurs usages dans le PTEF

Évolution des ressources en bois et de leurs usages	Moyenne 2009-2015 ^a	PTEF (2050)
RESSOURCES (Mm³ éq fibre)	84,6	96,7
Bois commercialisé récolté en forêt	44,6	51,5
dont bois d'œuvre	20,9	26 ^b
dont sciages	8,8	12,4
dont connexes	10	13
dont autres usages (traverses, merrains, placages)	0,6	0,6
dont export	1,5	0
dont bois industrie	10,6	11
dont usage panneaux	3,5	4
dont usage pâte à papier	6,5	7
dont export	0,6	0
dont bois énergie	13,1	14,5
Bois énergie non commercialisé	26,8	38
dont bois récolté en forêt	20,3	17 ^c
dont bois récolté hors forêt	6,5	21 ^d
Déchets bois	6,6	6 ^e
dont usage énergie	4	4
dont usage panneaux	2	2
dont usage palettes et emballages	0,6	0
Importations nettes	6,6	0
Sciages	1,3	0
Connexes	1,9	0
Palettes et emballages	0,5	0
Pâte à papier	2,9	1,2
USAGES (Mm³ éq fibre)	84,6	96,7
Sciages de bois d'œuvre	11,2 ^f	12,4
dont palettes et emballages	5,2	2,7
dont produits bois utilisés en construction rénovation	2,8 ^g	7,6
dont autres (parquet, meubles ...)	3,2	2,1
Autres usages du bois d'œuvre	0,6	0,6
Fabrication de panneaux	6,8 ^h	7,5
dont produits bois utilisés en construction rénovation	2,8 ^g	5
dont autres (meubles, objets bois...)	1,8	1,8
dont export	2,2	0,7
Fabrication de pâte à papier	10,2 ⁱ	9,2
dont pâte à papier	6,6	5,3
dont résidus de pâte à papier	3,6	3,9
Autres usages des connexes	2	2
Valorisation énergétique	51,7	65
Exportations nettes	4,3	0,7
Bois d'œuvre	1,5	0
Bois industrie	0,6	0
Panneaux	2,2	0,7

^a Données issues de AF Filières (2018) et de BIPE FCBA (2019) pour les produits bois utilisés en construction rénovation aujourd'hui et à l'issue du PTEF.

^b Hypothèse de production de BO issue du scénario « compromis » de l'étude de du Bus de Warnaffe et Angerand (2020).

^c On suppose que la récolte diminue suite à un meilleur encadrement des prélèvements et à l'augmentation de l'offre en bois de chauffage issu de la ressource non forestière.

^d Conséquence de la plantation d'1,2 millions de km supplémentaire de haies et équivalent arbres de plein champ, exploités à 85 %. Nous supposons qu'un km de haie fournit 6 tonnes de bois sec par an (Chambres d'agriculture 2015) et prenons un coefficient de conversion de 1 t bois sec = 2,43 m³ éq fibre (AF Filières 2018)

^e On suppose une légère diminution des déchets bois : les produits fabriqués ont une plus grande durée de vie comparés aux produits actuels, la ressource liée à la valorisation fin de vie augmentera éventuellement plus tard.

^f Pour simplifier la présentation, sont inclus dans les 11,2 Mm³ les 1,1 Mm³ de palettes et emballages importés et dérivés des déchets bois. Les sciages réels correspondent à la somme des 8,8 Mm³ issus des prélèvements forestiers et des 1,3 Mm³ importés.

^g On utilise les estimations de l'étude BIPE FCBA (2019) données en m³ de produits bois : 2,7 Mm³ actuel (7,4 en 2050) pour les sciages et 1,5 Mm³ actuels (2,7 en 2050) pour les panneaux. On convertit ces chiffres en m³ éq fibre grâce aux facteurs de conversion de AF Filières (2018) : 1 m³ panneau = 1,85 m³ éq fibre ; 1 m³ sciage = 1,03 m³ éq fibre.

^h Reçoit une partie du bois industrie et des déchets bois ainsi qu'un apport net de 1,3 Mm³ de connexes (1,8 Mm³ incorporés moins 0,5 Mm³ de connexes produits lors de la fabrication des panneaux).

ⁱ La pâte à papier importée est incluse dans les 10,2 Mm³ pour simplifier la présentation. La fabrication de pâte à papier reçoit également un apport net de 0,8 Mm³ de connexes (1,7 Mm³ incorporés moins 0,9 Mm³ produits).



DOCUMENT DE TRAVAIL

Énergie

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le secteur de l'Énergie dans le PTEF

Périmètre du secteur et interactions avec les autres secteurs :

- Le sujet de l'Énergie dans le plan comprend deux volets : d'une part, le secteur industriel de l'énergie, et d'autre part, un chantier de cohérence macro-énergétique du plan.
- Le secteur industriel de l'énergie comprend la production, la transformation, le transport et la distribution de l'énergie, du raffinage des hydrocarbures à la pompe, des équipements de production électrique à la distribution de l'électricité, etc.
- Le chantier de cohérence macro-énergétique consiste à rassembler les consommations par vecteur énergétique de chaque secteur consommateur, les agréger et vérifier que la production du secteur de l'énergie peut subvenir à tous les besoins. Concernant le périmètre, cette étude se concentre sur la France métropolitaine, avec une approche territoriale (et non empreinte).
- Le secteur de l'énergie dépend notamment du secteur de l'industrie lourde, manufacturière et recyclage (LMR) pour les infrastructures requises pour la production d'énergie, de l'agriculture et forêt pour les productions d'énergie biosourcées, le fret pour le transport de certains combustibles, et irrigue tous les secteurs : l'énergie sous-tend toute la société pour lui permettre son bon fonctionnement. Le secteur de l'énergie alimente tous les autres en diverses sources d'énergie servant différents usages, parties intégrantes de nos modes de vie.

Organisation pour le PTEF de ce secteur, interactions avec les autres équipes :

- Pour évaluer les consommations énergétiques à prévoir, l'équipe du secteur de l'énergie a entretenu des interactions régulières avec les secteurs les plus consommateurs, notamment l'industrie LMR, l'industrie automobile, les secteurs du bâtiment, la mobilité quotidienne, la mobilité longue distance, le fret, l'agriculture et la forêt, et le secteur de l'énergie lui-même ; ce qui exclut les secteurs moins dimensionnants ou étant déjà pris en compte par d'autres secteurs : par exemple, l'utilisation des bâtiments dans le secteur de l'ESR est incluse dans les secteurs du bâtiment.
- Ces interactions servaient à s'assurer que toutes les consommations d'énergie des secteurs, au pic de transformation et en régime établi en fin de transition, coïncident avec une production énergétique réaliste. Le pic de transformation correspond au moment où les secteurs consommeraient le plus d'énergie pour se transformer, en prenant l'hypothèse conservatrice de pics sectoriels simultanés, qui correspond donc au cas le plus défavorable. Il a pour but d'évaluer "l'effort de la transformation". Le régime établi en fin de transformation correspond quant à lui à un moment où la transformation serait achevée et les renouvellements des infrastructures, des biens, ou les consommations des différents usages, se feraient à un rythme constant. Le chantier de cohérence macro-énergétique doit ainsi permettre de vérifier l'adéquation des besoins énergétiques de ces secteurs avec les capacités de production énergétique, qu'ils contribuent à dimensionner. Cette vérification de cohérence est fondamentale pour justifier d'un système énergétique réaliste, dont les productions projetées par vecteur sont en adéquation avec les potentiels prévus par le plan. Nous n'avons pour le moment pas encore effectué cette vérification pour le pic de transformation.
- L'étude de cette cohérence macro-énergétique a été réalisée en relation étroite avec le secteur de l'industrie LMR, qui s'occupe du chantier de cohérence matériaux. De manière similaire, l'équipe était chargée d'estimer les besoins en matériaux nécessaires à chaque secteur dans le cadre de leur transformation, puis pour leur fonctionnement en régime établi. D'un point de vue pratique, cela a consisté en l'analyse des principaux axes de transformation de chaque secteur afin d'en retirer les périmètres les plus dimensionnants pour les secteurs de l'industrie LMR côté matière, et de l'énergie côté énergie. Par exemple, si la mobilité quotidienne décide de parier sur le développement de véhicules automobiles électriques de petit gabarit pour les déplacements citadins, il s'agit alors de déterminer combien d'électricité ce nouvel usage nécessite. Cela entraîne également des questions d'urbanisme et de gestion du territoire quant aux emplacements de bornes de recharges. Suite à des entretiens de cadrage avec chacun des secteurs concernés et de mise en cohérence intersectorielle, nous avons rassemblés les bilans énergétiques que prévoient ces derniers afin de construire un bilan énergétique global.

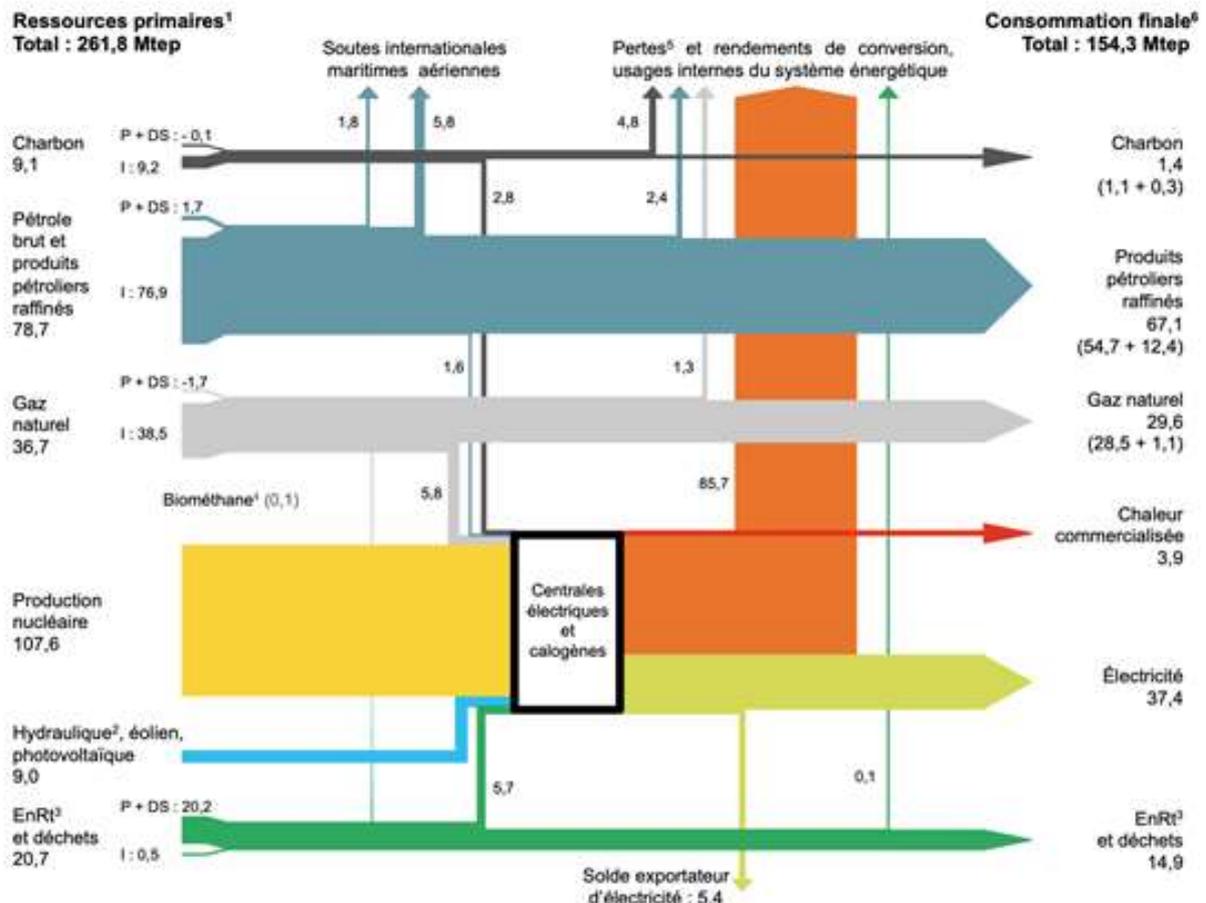
- L'équipe énergie a également été en relation étroite avec le secteur de l'agriculture et de la forêt pour prendre en compte l'estimation des productions énergétiques biosourcées que celui-ci prévoit de produire : biogaz, agrocarburants de divers types, bois-énergie. Ces cultures énergétiques peuvent entrer en compétition avec l'alimentation humaine et animale, avec le bois d'œuvre et d'industrie, produire des conflits d'usage des sols, de ressources en eau. Le secteur de l'agriculture a donné la priorité aux besoins alimentaires. La biomasse valorisée énergétiquement rassemble différents co-produits de l'alimentation côté agriculture, et des autres usages du bois côté forêt. Les productions énergétiques ont ensuite été allouées en priorité au secteur de l'agriculture lui-même, pour assurer son autosuffisance et sa résilience, et la quantité restante constituait alors une ressource (limitée) pour la consommation globale des autres secteurs, à répartir entre eux.
- En plus de sa contribution au bilan énergétique, l'industrie LMR a également fait l'objet d'interactions spécifiques avec l'équipe énergie afin d'estimer ce que représente le renouvellement ou le déploiement d'un système énergétique, en termes de besoins énergétiques et matériels. Cela consiste à évaluer les flux de matières et d'énergie nécessaires à ce renouvellement ou déploiement, dans le cadre du chantier de cohérence matériaux. En effet, les infrastructures et équipements énergétiques ont une durée de vie longue, requièrent des investissements énergétiques et matériels potentiellement importants, et doivent donc être planifiés en connaissance de ces éléments. À ce stade du projet, l'estimation des flux énergétiques nécessaires à la transformation du système énergétique n'a pas été réalisée. Pour ce qui est des flux de matières, le travail a été entamé pour chiffrer les besoins en quatre types de matières (béton, acier et fer, aluminium, cuivre) que nécessiteraient différentes évolutions du mix. Ce chiffrage est à trouver dans la partie du secteur de l'industrie LMR.
- Enfin, le secteur de l'énergie a été en relation avec les chantiers transverses Emploi, Villes et Territoires ainsi qu'avec le chantier Résilience-Impacts-Macroéconomie.

II- Notre point de départ

1- Description du secteur actuellement

Flux d'énergie :

- Le diagramme de Sankey ci-dessous représente les flux d'énergie (approvisionnement, transformation, consommation, y compris pertes) pour la France entière, en 2018, de l'énergie primaire (énergie disponible dans la nature avant transformation) aux consommations en énergie finale (énergie après transformation, directement utilisable pour un besoin donné).¹



Chiffres clés de l'énergie - édition 2019 - Bilan énergétique de la France entière (y compris DOM), année 2018
 La consommation finale indique la décomposition entre consommation énergétique (celle qui nous intéresse)
 et consommation non-énergétique entre parenthèse.²

- La société française est fortement dépendante des énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon), qui représentent 57,4 %³ de la consommation énergétique finale totale. Ces énergies fossiles, en plus de voir leurs réserves s'épuiser et d'être principalement toutes importées, sont aussi fortement émissives de gaz à effet de serre lors de leur combustion, et donc responsables en grande partie du réchauffement climatique.

¹ Ces données sont exprimées en mégatonnes équivalent pétrole (Mtep), une unité de mesure de la quantité d'énergie, soit un million de tonnes d'équivalent pétrole (tep). Une tep équivaut à la quantité d'énergie standardisée contenue dans une tonne de pétrole brut, soit environ 42 GJ (Giga Joules).

² <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-09/datalab-59-chiffres-cles-energie-edition-2019-septembre2019.pdf>

³ Eurostat 2018, <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/energy/data/energy-balances>

- L'utilisation d'énergie a émis 321,9 mégatonnes de CO₂e en 2016, soit 70,3 % du total des émissions de gaz à effet de serre en France, dont environ 45 Mt CO₂e est imputable à l'industrie de l'énergie. Le mix électrique français est relativement décarboné, puisque pour produire 1 kWh d'électricité en 2015, il émettait près de 50 grammes de CO₂, à comparer avec les 500 grammes de CO₂ émis en Allemagne pour la même quantité d'électricité.⁴
- Le tableau ci-dessous représente la répartition de l'énergie finale (cf. graphique précédent) dans les différents secteurs de l'économie pour la France entière :

	Charbon	Produits pétroliers raffinés	Gaz	EnR Thermiques et déchets	Electricité	Chaleur vendue	Total
Industrie	1,1	2,4	9,9	1,8	10,7	1,5	27,4
Transports	0	39	0,2	3,4	0,9	0	43,5
Résidentiel	0	4,9	11,4	9,3	13,8	1,4	40,8
Tertiaire	0	3,1	7,7	0,9	11,8	0,9	24,4
Agriculture	0	3,2	0,3	0,2	0,7	0	4,4
Total	1,1	52,6	29,5	15,6	37,9	3,8	140,0

Consommation finale d'énergie par secteur et par vecteur en 2018 (Mtep). La coloration des cases indique l'intensité d'usage d'un vecteur énergétique par chaque secteur. Par exemple, les produits pétroliers sont essentiellement consommés dans les transports.⁵

Carburants liquides :

- Pour transformer le pétrole brut, principalement importé, en produits pétroliers, la France possède huit raffineries, dont sept en métropole, d'une capacité totale de 62.8 Mt /an en 2017, avec 57.9 Mt de pétrole traité cette même année. Le pays compte sur une capacité de stockage de produits pétroliers d'environ 46 millions de m³, dont un peu plus de 60% pour les produits finis, répartie principalement entre raffineries (31%) cavernes (20%) et dépôts (47%). En prenant un ordre de grandeur de masse volumique des produits pétroliers⁶ de 0.8 t/m³, cela représente environ 37 Mt, donc également environ 37 Mtep (par définition de l'unité tep). La moitié environ de cette capacité est située en Normandie et en PACA. La France a par ailleurs une obligation de stocks stratégiques correspondant à près d'un tiers de la consommation de l'année précédente (29,5%) ce qui donne un peu plus de trois mois de consommation au rythme habituel⁷.
- 17 ports sont concernés par le trafic pétrolier, mais trois d'entre eux assurent 84 % du trafic national de pétrole brut et de produits pétroliers : Marseille (40 %), Le Havre (30 %) et Nantes-Saint-Nazaire (14 %), et le raffinage en est fortement dépendant : quatre raffineries sont approvisionnées depuis le port de Marseille-Lavéra, et 3 raffineries depuis le port du Havre.
- Le transport massif des produits pétroliers se fait par pipelines (réseau de 6000 km), barges, trains, et marginalement par camions citerne, ces derniers servant surtout à l'approvisionnement des stations-service. Les pipelines transportent soit du pétrole brut, des dépôts d'importation aux raffineries, soit des produits finis, pour alimenter les dépôts de distribution, ou peuvent encore être mixtes comme celui qui approvisionne l'Île de France depuis le port du Havre.
- La distribution de carburants comprend un réseau de 11 200 stations-services en 2019, réparties entre réseaux traditionnels (5 900) et grande distribution (5 300). Par ailleurs, il y a 1 650 stations de GPL en France, ce qui en fait le carburant alternatif avec le maillage de stations le plus dense, avec une capacité d'approvisionnement d'un parc de véhicules environ 10 fois supérieure au parc roulant actuel.

⁴ SDES, Chiffres clés du climat 2019, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-46-chiffres-cles-du-climat-edition-2019-novembre2018.pdf>

⁵ Source : PPE, d'après SDES, données corrigées des variations climatiques.

⁶ Celle-ci fluctue en effet en fonction des produits : par exemple, le diesel est plus dense que l'essence. On prend donc ici seulement une valeur type pour avoir un ordre de grandeur de l'énergie contenue dans le volume. (<https://www.universalis.fr/encyclopedie/carburants/1-les-essences/>, <https://www.universalis.fr/encyclopedie/carburants/2-le-gazole/>)

⁷ <https://www.senat.fr/questions/base/2016/qSEQ160622000.html>

- En 2017, 3,3 Mtep de biocarburants ont été consommés, dont 20 % importés. La consommation de biodiesel s'est élevée à 85 % (soit 2,8 Mtep), pour 15 % de bioéthanol.
 1. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/chaine-petroliere#e2>
 2. <https://www.ufip.fr/activites/distribution/un-approvisionnement-en-petrole-et-en-gaz-fortement-dependant-des-importati>
 3. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/securite-dapprovisionnement-en-petrole>
 4. [https://www.ufip.fr/uploads/img/septembre%202017_UFIP%20lapprovisionnement%20de%20la%20France%20en%20carburants\(2\).pdf](https://www.ufip.fr/uploads/img/septembre%202017_UFIP%20lapprovisionnement%20de%20la%20France%20en%20carburants(2).pdf)
 5. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ppe_pour_consultation_du_public.pdf
 6. https://www.ufip.fr/uploads/pdf/UFIP_Donn%C3%A9es_du_secteur_2019.pdf
 7. <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/la-tribune-de-l-energie-avec-enedis/cinq-chiffres-qui-illustrent-l-essor-des-biocarburants-en-france-796687.html>

Nucléaire :

- La France métropolitaine compte 56 réacteurs à eau sous pression (REP) en activité dans 18 centrales nucléaires, pour une puissance totale de 61,4 GW (les deux réacteurs de la centrale de Fessenheim ayant été arrêtés en 2020). Un réacteur à eau pressurisée (EPR) d'une puissance nominale de 1 650 MW est en cours de construction à Flamanville (sa mise en service, initialement prévue pour 2012, est pour l'instant repoussée à 2023). Chaque année, environ 8 000 tonnes d'uranium naturel est nécessaire pour fabriquer le combustible qui sera utilisé pour alimenter son parc. Cet uranium est importé principalement du Kazakhstan, de l'Australie, du Canada et du Niger.
 1. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/securite-dapprovisionnement-energetique#e4>
 2. <https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/Notes%20d%27information/NOTE%20CYCLE%20COMBUSTIBLE%202015.pdf>
 3. <https://www.connaissancedesenergies.org/d-ou-vient-l-uranium-naturel-importe-en-france-140512>
 4. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>
 5. <https://www.lefigaro.fr/societes/2008/08/27/04015-20080827ARTFIG00436-epr-de-flamanville-edf-confirme-l-echeance-.php>
 6. <https://www.usinenouvelle.com/article/les-conditions-de-la-cour-des-comptes-pour-la-filiere-epr-francaise.N984384>

Gaz :

- La France importe la quasi-totalité de son gaz naturel : son principal fournisseur de gaz à haut pouvoir calorifique, ou gaz H est la Norvège (43% du total des entrées en 2018), suivi de la Russie (22%), l'Algérie (8 %), le Nigeria (7 %) et le Qatar (3 %). (*Projet de ppe 2019*). Le système d'interconnexions et de terminaux méthaniers permet à la France de s'approvisionner auprès d'autres fournisseurs de moindre importance et d'avoir accès à du gaz plus difficilement traçable, d'où proviennent la part résiduelle des importations. Il y a 37 420 km de réseau de transport de gaz naturel sur le territoire français, 195 000 km de canalisations de distribution, 15 sites de stockage souterrain (douze sites en nappes aquifères et trois cavités salines) et quatre terminaux méthaniers.
- La totalité du gaz B, à bas pouvoir calorifique, provient des Pays-Bas, principalement du gisement de Groningue. Une grande partie des consommateurs de gaz naturel de la région Hauts-de-France est approvisionnée par ce gaz naturel à bas pouvoir calorifique via un réseau distinct.
- Fin 2019, les centrales thermiques au gaz cumulent une puissance installée de 12 190 MW (RTE). Ce sont ces centrales à gaz qui produisent la majorité de l'électricité d'origine thermique à combustible fossile. Il y a 14 centrales à cycle combiné gaz (CGG) en France métropolitaine (6 268 MW) et 7 turbines à combustion gaz (TAC) (703 MW), la puissance restante venant de cogénération au gaz (RTE).
 1. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-09/datalab-59-chiffres-cles-energie-edition-2019-septembre2019.pdf>
 2. <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/thermique-fossile/>
 3. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ppe_pour_consultation_du_public.pdf

Charbon :

- Les dernières mines de charbon ont été fermées en France en 2004, et la production s'est définitivement arrêtée en 2014 avec la fin de la collecte de produits de récupération. Le charbon importé, principalement de la houille, provenait en 2018 majoritairement de Russie (30.2%) et d'Australie (26.9%), suivies par les Etats-Unis (13.7%) et la Colombie (11.0%). En 2015, l'approvisionnement était d'un peu moins de 14 Mt, soit environ 8,7 Mtep⁸. La même année les stocks de charbon s'élevaient à 4,7 Mt, entreposés dans les ports ou les principaux sites consommateurs : centrales électriques, sites sidérurgiques (cokeries et hauts fourneaux) ou autres sites industriels. En 2020, la France comptait trois cokeries et quatre centrales à charbon, ces dernières étant destinées à fermer d'ici 2022 et la cokerie de Serémange-Erzange en 2020.

1. <https://insee.fr/fr/statistiques/4277882?sommaire=4318291&q=emplois+%C3%A9nergie#tableau-figure7>
2. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-physique-et-monetaire-du-charbon-2011-2015>

Hydroélectricité :

- Le potentiel hydroélectrique est largement exploité en France, avec plus de 2 400 installations, dont près de 90% sont des centrales au fil de l'eau, pour une capacité totale installée de 25,5 GW. Ces capacités de productions hydrauliques sont inégalement réparties sur le territoire métropolitain, avec les régions Auvergne Rhône-Alpes, Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur regroupant à elles seules plus de 79% du parc hydraulique français (RTE).

1. <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/production-en-region-2/#1>
2. https://www.rte-france.com/sites/default/files/2015_06_30_rte_panorama_elr_juin2015.pdf

Eolien :

- Fin décembre 2019, le parc éolien terrestre français comprend 1 940 installations, d'une puissance cumulée de 16,6 GW (*données Stat MTES*). Les régions Hauts-de-France et Grand-Est présentent les parcs les plus importants, avec respectivement 4,5 GW et 3,6 GW de capacité éolienne installée (RTE).

1. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/262>
2. <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/production-en-region-2/#>

PV :

- Fin 2019, 454 394 installations photovoltaïques étaient raccordées au réseau, pour une puissance totale de 9,4 GW (*Statinfo*). Les régions Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur regroupent 73% du parc solaire installé. (RTE)

1. <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/production-en-region-2/#>
2. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/263>

Géothermie :

- L'utilisation de la géothermie haute énergie (plus de 150°C) pour produire de l'électricité est encore marginale en France, avec une installation industrielle à Soultz-sous-Forêts en Alsace. Ce pilote d'expérimentation scientifique est devenu un site d'exploitation industrielle en 2017, avec une puissance nominale de 1,5 MW. Il existe 79 installations de géothermie profonde (entre 30 et 90°C) en France métropolitaine, principalement dans les bassins parisien et aquitain, pour une production thermique renouvelable cumulée de 1 970 GWh en 2017.

1. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ppe_pour_consultation_public.pdf

⁸ En prenant comme facteur de conversion : 1 tep équivaut à 1,616 t de houille (<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1355>)

Bioénergies :

- Fin décembre 2019, le parc bioénergies atteint 2,1 GW (RTE). Les usines d'incinération de déchets ménagers représentent 42,3 % du parc, suivi à 31,8 % par les capacités bois-énergie et autres combustibles solides, puis 23,5 % de biogaz et les déchets de papeterie à hauteur de 2,4 %.
1. <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com/bioenergies/>
 2. <https://www.rte-france.com/sites/default/files/panorama2019-t4-bd2.pdf>

Réseau électrique :

- Le réseau de transport géré par RTE cumule une longueur totale de 105 900 km en 2019, avec 6 415 km de liaisons souterraines et 99 530 km de liaisons aériennes (données RTE). Il achemine l'électricité sur les longues distances, des pôles de production aux pôles de consommation.
 - Le réseau de distribution, géré par Enedis, totalise 1 377 000 km de lignes en 2019. (chiffres Enedis) Il fait la jonction entre le réseau de transport et la majorité des clients.
1. https://www.rte-france.com/sites/default/files/bilan-electrique-2019_1.pdf
 2. https://www.enedis.fr/sites/default/files/Chiffres_cles_2019.pdf

Poids dans l'économie :

- L'industrie de l'énergie représentait 1,9 % de la valeur ajoutée en 2018 en France. Les deux plus importants sous-secteurs en termes d'emplois concernent les industries pétrolière et nucléaire. En 2019, l'Union française des industries pétrolières évaluait le secteur pétrolier à 200 000 emplois directs et indirects. La filière nucléaire constitue 6,7 % de l'emploi industriel français, soit environ 220 000 salariés, emplois directs et indirects. Le secteur de l'énergie représente donc un secteur riche en emplois. C'est pourquoi, une discussion a été initiée avec l'équipe en charge de l'axe transverse emploi, afin d'évaluer les évolutions des emplois du secteur énergétique pendant et après la transition, ainsi que les besoins en formations et reconversions.
1. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-09/datalab-59-chiffres-cles-energie-edition-2019-septembre2019.pdf>
 2. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ppe_pour_consultation_du_public.pdf

2- Grands enjeux physiques et environnementaux

- La consommation d'énergie en France dépend des énergies fossiles à hauteur de 60 % environ, et certains secteurs en dépendent à plus forte proportion (plus de 90% des transports sont alimentés par des énergies fossiles, environ 70% pour l'agriculture)
- La dépendance aux énergies fossiles, et les émissions de GES associées à leur consommation, est problématique et soulève aussi des questions d'approvisionnement. Sur ce point, il faut souligner deux choses : la France importe ces énergies fossiles, elle est donc dépendante des pays fournisseurs ; le risque de déclin de la production des pays fournisseurs de produits pétroliers pourrait s'avérer dans les prochaines années, ce qui accentuerait les questions de dépendance⁹.
- La France est également dépendante de pays fournisseurs pour l'approvisionnement en uranium, nécessaire à sa production d'électricité. L'exploitant EDF possède un stock d'Uranium sur l'ensemble du cycle du combustible nucléaire permettant d'assurer le fonctionnement du parc pendant plusieurs années¹⁰, à comparer aux réserves d'environ trois mois d'importations journalières moyennes pour les produits pétroliers.

⁹ L'union Européenne risque de subir des contraintes fortes sur les approvisionnements pétroliers d'ici à 2030, The Shift Project, 2020 <https://theshiftproject.org/article/ue-declin-approvisionnement-petrole-2030-etude/>

¹⁰<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>

- Le pays dépend aussi d'importations de matériaux pour ses technologies de production d'énergie. Autrement dit, une dépendance existe y compris pour les technologies qui ne consomment pas de carburant énergétique (les technologies PV et éoliennes par exemple).
- Le secteur industriel de l'énergie pose des questions en termes d'occupation des sols (pour les installations de production d'énergie et pour la production d'énergie d'origine agricole), de gestion et de disponibilité de l'eau (refroidissement des centrales).
- Il doit enfin être planifié longtemps à l'avance, car met en jeu des investissements importants et possède une forte inertie (grandes infrastructures, réseaux, filières industrielles à structurer).

III- Le chemin proposé par le PTEF

Le PTEF s'est proposé d'étudier des grands axes d'évolution pour le secteur de l'énergie, qui puissent prendre en compte les impacts de cette évolution sur le climat, la biodiversité, les usages de l'eau et des sols afin que ce secteur soit résilient aux changements climatiques, aux troubles dans d'autres pays, aux conséquences d'une décrue subie de la disponibilité du pétrole, à une potentielle future crise sanitaire, tout en garantissant la résilience des catégories sociales.

Dans un monde sous contraintes énergétiques, les capacités d'investissement sont également contraintes. C'est pourquoi le chemin que l'on souhaite proposer à terme ne pariera pas sur une modification en profondeur du réseau électrique pour privilégier une électricité peu intensive en CAPEX. Par ailleurs, ces propositions font appel à des technologies matures, sans faire le pari de ruptures technologiques.

Ces grandes évolutions ont été envisagées au regard de leur compatibilité avec celles des secteurs dépendants du secteur de l'énergie. Pour ainsi dire, cela revient à étudier la cohérence des transitions de chaque secteur avec celui de l'énergie, afin d'assurer le bouclage offre-demande. Cette étude doit inclure à terme les consommations d'énergie et de matériaux nécessaires au système énergétique pour sa propre transition.

- La façon la plus directe de décarboner nos usages consiste à les réduire directement ou à les organiser différemment pour qu'ils soient plus sobres énergétiquement. Chaque secteur a commencé par réduire ses usages ou à les réorganiser pour les rendre plus sobres.
- Des propositions ont ensuite été faites de remplacer certaines technologies par d'autres, par exemple de substituer aux moteurs thermiques des moteurs électriques dans la mobilité, ou bien d'avoir recours à la chaleur renouvelable autant que possible pour le chauffage des bâtiments.
- Lorsqu'une telle substitution par évolution du mix technologique n'était pas envisageable, nous avons alors dû penser la décarbonation des vecteurs énergétiques finaux, en particuliers liquides et gazeux, et ceci en concertation avec le secteur agriculture et forêt qui fait partie de la solution (agrocarburants, biogaz).

Chaque secteur est demandeur d'énergie pour assurer son bon fonctionnement. Nous avons donc centralisé les demandes d'énergie, après transformation, par secteur et par vecteur afin de comparer avec les capacités de production énergétique. Des contraintes sur l'approvisionnement énergétique effectif post-transformation ont vu le jour.

Nous avons donc relevé les secteurs participant à la contrainte pour chaque vecteur énergétique, en fonction de leurs ordres de grandeur. Nous avons alors étudié les options d'arbitrage, en pesant pour chacun le pour et le contre, comme détaillé plus loin. Tout ceci en gardant à l'esprit que l'énergie utilisée par chacun des secteurs étudiés doit rester bas-carbone.

Pour ce faire, les besoins énergétiques qui ne peuvent pas être satisfaits par le vecteur électrique après transformation, ont été exprimés et agrégés sous la forme de besoins en « carburants liquides » ou en « carburants gazeux ». Ces besoins pourraient potentiellement être satisfaits par le méthane, l'hydrogène, ou des carburants liquides.

Dans un premier temps nous recensons les besoins énergétiques après transformation, avant d'établir le bilan des consommations finales de combustibles gazeux et liquides. Ce bilan étant déséquilibré en l'état, cela nous amène à réétudier les efforts déjà consentis par certains secteurs en termes de réduction

de leur consommation, et à penser des leviers supplémentaires de décarbonation des besoins en carburants liquides et gazeux.

Ainsi, certains choix de technologies et de vecteurs énergétiques ne sont pas encore arrêtés, et il conviendra d'arbitrer dans la suite du projet, pour assurer le bouclage de cohérence macro-énergétique.

1- Recensement des besoins énergétiques

a. Mobilités et Fret

Les secteurs du fret et des mobilités sont très demandeurs de carburants liquides, dont ils sont aujourd'hui fortement dépendants.

Certains besoins de transport peuvent difficilement être assurés par l'électricité, y compris après transformation par le PTEF. Concrètement, et de manière simplifiée, il s'agit du besoin de déplacer des masses importantes sur des distances importantes, et de manière diffuse sur le territoire. Dans ces cas, la source d'énergie doit être stockée dans le véhicule et la quantité stockée doit être grande. Ces besoins ne peuvent donc être satisfaits que par des vecteurs énergétiques suffisamment denses en énergie, que nous exprimons ici en « équivalent carburant liquide », mais qui pourraient être le méthane, l'hydrogène, ou des carburants liquides.

La mobilité des personnes se distingue entre la mobilité quotidienne et la mobilité longue distance. Après la transformation de ces secteurs :

- La mobilité longue distance et la mobilité quotidienne envisagent 3,4 Mtep de consommation de carburants liquides.
- L'électrification poussée des mobilités des personnes permettraient d'atteindre une utilisation du vecteur électrique de l'ordre de 3,6 Mtep.

Le transport de marchandises opère des reports modaux vers le fluvial et le rail.

- Le secteur du fret envisage une électrification totale des VUL, et une augmentation des tronçons électrifiés du transport ferroviaire, pour une consommation d'électricité de 1,7 Mtep.
- Le besoin en carburants liquides (type biodiesel) s'établit à 4,5 Mtep.

b. Agriculture et forêt

Les carburants liquides agricoles sont affectés préférentiellement à l'agriculture, dans une logique d'autoconsommation de sa production et de résilience aux chocs du domaine de l'alimentation.

Les excédents de biocarburants qui ne seraient pas consommés par le secteur agriculture pour les travaux des champs et le secteur forêt peuvent être distribués entre les secteurs dont les usages l'exigent. Les autres équipements agricoles fonctionnant habituellement au fioul ou au gaz pourront être alimentés par des agrocarburants de seconde génération (coproduits des cultures alimentaires) ou par du biogaz, lui aussi affecté prioritairement aux besoins agricoles. Enfin les équipements électriques continueront de fonctionner via l'électricité spécifique.

- Le secteur agricole devrait produire 1 Mtep de biodiesel, 0,4 Mtep d'huile pure, et 0,2 Mtep de biocarburants liquides de deuxième génération (2G).
- Cependant, ce secteur prévoit de consommer 1 Mtep du biodiesel et de l'huile pure produits.
- Le secteur forêt consommerait la totalité des 0,2 Mtep de biocarburants liquides 2G.
- Par ailleurs, le secteur produirait 3,3 Mtep de biogaz, en consommerait 1 Mtep, laissant un solde de 2,3 Mtep aux secteurs nécessitant du biogaz pour décarboner leurs vecteurs liquides et gazeux.
- Le secteur de la forêt, en plus de sa consommation en carburants liquides, va consommer 1,6 Mtep de bois énergie sur 15 Mtep produits.

c. Bâtiments résidentiels et tertiaires

Les secteurs du bâtiment ont été distingués selon leurs usages, résidentiel ou tertiaire.

Le résidentiel se compose des maisons individuelles et des logements collectifs.

- Dans le secteur résidentiel, le chauffage au fioul disparaît totalement au profit d'un chauffage par pompes à chaleur, ou par capteurs solaires thermiques.
- Le chauffage est également permis par réseaux de chaleur urbain, bois énergie, biogaz et électricité.
- Le secteur résidentiel utilisera plus de 4 Mtep de bois énergie, dont une partie pour les réseaux de chaleur urbain, une diminution par rapport aux consommations globales de 2018.
- La quantité d'électricité dans le résidentiel va augmenter pour atteindre 12,5 Mtep.

Nous n'avons pas encore d'hypothèses consolidées sur l'évolution de la consommation dans le secteur du tertiaire. Pour l'instant, dans le but d'établir les ordres de grandeur, nous supposons les mêmes évolutions relatives de consommations d'énergie que pour les secteurs du bâtiment résidentiel¹¹. Autrement dit, nous avons pris des chiffres de consommations actuelles du SDES¹² que nous avons fait évoluer selon les mêmes taux d'évolution par vecteur que pour le résidentiel.

d. Industries

À ce stade, les secteurs de l'industrie (industries LMR, automobiles et agro-alimentaire) n'ont pas encore abouti à un bilan énergétique par vecteur, à l'amont des autres secteurs. Formuler un tel bilan énergétique suppose, en effet, de formuler des hypothèses de relocalisation des industries, de pouvoir étudier par branche les améliorations technico-organisationnelles à même de réduire les consommations et de substituer les vecteurs entre eux. Nous avons donc pris le parti, à ce stade du projet, d'adopter une démarche conservatrice pour l'évaluation des consommations du secteur de l'industrie. Nous les avons supposées constantes en consommation par personne par rapport à aujourd'hui¹³ : ainsi, la répartition relative entre vecteurs est la même en fin de transition, et les quantités ont augmenté à proportion de l'augmentation de la population telle que projetée par l'Insee.

Cette hypothèse temporaire traduit deux effets antagonistes qui doivent tirer les consommations à prévoir dans deux sens contraires : les diminuer pour ce qui est de la diminution globale des consommations de biens, les réductions de consommations énergétiques par branches grâce à des améliorations organisationnelles et techniques, et les augmenter pour ce qui est des relocalisations dans certaines filières au niveau national ou européen (batteries électriques, recyclage). Bien sûr, ces effets s'accompagneraient également de substitutions entre vecteurs, non pris en compte pour le moment.

En considérant l'augmentation de la population, et une consommation stable de matériaux par personne, sans aucun effort de sobriété, les besoins d'énergie de l'industrie augmenteraient.

- La consommation de charbon augmenterait de 1,1 Mtep à 1,2 Mtep.
- Le besoin en carburants liquides (non affectés par type de carburant spécifique) passerait de 2,5 à 2,8 Mtep, tandis que les carburants gazeux augmenteraient de 10 Mtep à 11 Mtep.
- Les consommations énergétiques issues des EnR thermiques et des déchets atteindrait 2,2 Mtep (dont 0,2 sous forme de biocarburants), contre 1,8 Mtep avant la transition.
- Enfin, 12 Mtep d'électricité seraient requis.

¹¹ Outre le fait que le bilan énergétique n'est pas spécifiquement établi, les limites sont que les parts relatives entre vecteur à l'état initial ne sont pas les mêmes dans le résidentiel et dans le tertiaire, et que les changements internes aux secteurs ne vont pas impliquer les mêmes transferts entre vecteurs. Donc prendre les mêmes taux est une approximation que l'on fait faute de mieux à ce stade, notamment dans le but d'avoir un ordre de grandeur des besoins globaux résiduels en carburant gazeux et liquides après transformation. Un bilan énergétique devra être fait spécifiquement pour le tertiaire dans la suite du projet.

¹² Données pour l'année 2018 <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-tertiaire>

¹³ Les mêmes motivations que pour le tertiaire sont à l'origine de cette approximation grossière (manque de visibilité à ce stade sur le bilan énergétique projeté pour l'industrie, calculs d'ordres de grandeur en sortie) et là également, le bilan énergétique reste à faire.

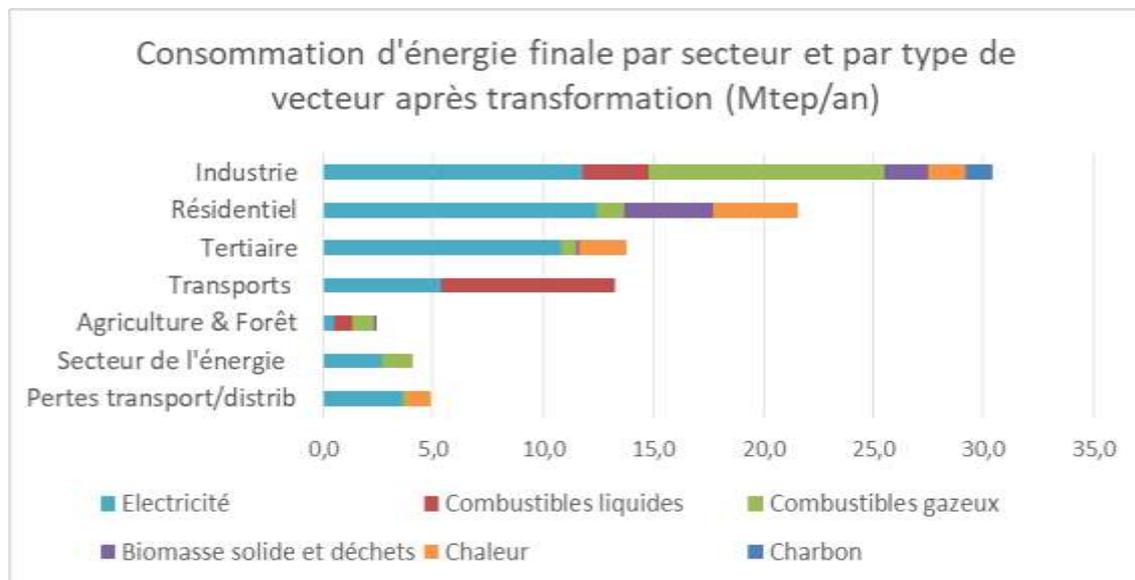
Ces chiffres sont volontairement conservateurs. Par exemple, l'électrification de certains usages, notamment pour l'acier, pourrait modifier cette répartition par vecteurs.

e. Bilan global après transformation

Voici le bilan global obtenu sur la consommation d'énergie finale par les différents secteurs, celle du secteur de l'énergie comprises, et en tenant compte des pertes de transport et de distribution.

Unité = Mtep/an	Charbon	Combustibles liquides	Combustibles gazeux	Biomasse solide et déchets	Élec.	Chaleur	Total
Industrie	1,2	3,0	10,7	2,0	11,8	1,7	30,4
Résidentiel	0,0	0,0	1,2	4,0	12,5	3,9	21,6
Tertiaire	0,0	0,0	0,7	0,1	10,8	2,2	13,8
Transports	0,0	7,9	0,0	0,0	5,4	0,0	13,3
Agriculture & Forêt	0,0	0,8	1,0	0,1	0,5	0,0	2,4
Secteur de l'énergie	0,0	0,0	1,4	0,0	2,7	0,0	4,1
Pertes transport/distrib	0,0	0,0	0,2	0,0	3,6	1,1	4,9
Energie finale + conso système énergétique + pertes	1,2	11,7	15,2	6,2	47,2	8,9	90,4

Les besoins en production d'énergie finale sont de 90,6 Mtep/an, contre 141 Mtep/an actuellement selon nos périmètres. Cela représente une diminution de 35 % de la consommation d'énergie finale.



Consommation d'énergie finale par secteur après transformation (sauf l'industrie, qui n'a pas pu estimer à ce stade du projet l'effet de ses transformations sur ses consommations d'énergie finale pour l'instant, et qu'on considère donc de manière prudente comme n'étant pas transformée ; le cas du tertiaire est également à considérer précautionneusement car calqué en première approximation pour le moment sur le résidentiel.).

2- Bilan sur les combustibles gazeux et liquides

Le tableau suivant présente les besoins de l'économie après transformation gazeux et liquides. Ces besoins regroupent la demande en énergie finale liquide et gazeuse des différents secteurs, les pertes gazeuses, ainsi que les besoins en gaz et fioul pour la production d'électricité¹⁴.

unité = Mtep/an	Combustibles liquides	Combustibles gazeux	Total
Besoins totaux d'énergie finale	11,7	15,2	26,9
Pour production d'électricité	1,3	4,5	5,8
Ressources apportées par les secteurs agri/forêt	1,6	3,3	4,9
Reste à décarboner	11,4	16,4	27,8

Avant consommation des secteurs agriculture et forêt, 3,3 Mtep de biogaz sont disponibles. Or les besoins totaux d'énergie finale sous forme de carburants gazeux après transformation s'établissent à 19,7 Mtep.

- La production de biogaz du secteur de l'agriculture permet de répondre aux besoins de carburants gazeux à hauteur de 17 %.

Avant consommation des secteurs agriculture et forêt, 1,6 Mtep de biocarburants sont disponibles pour une demande totale en carburants liquides de 13 Mtep.

- La production de biocarburants de l'agriculture permet de répondre aux besoins de carburants liquides à hauteur de 12 % des besoins.

3- De nécessaires arbitrages sur les combustibles gazeux et liquides

Les vecteurs énergétiques qui présentent des limitations importantes sont les combustibles gazeux et liquides. Les secteurs ont donc travaillé à réduire leur dépendance à ces combustibles, par exemple en électrifiant leurs usages. Les transports représentent la majeure partie des besoins en combustibles liquides restants. L'industrie représente quant à elle la majeure partie des besoins en combustibles gazeux restants.

Dans une première partie, nous analysons les efforts déjà « consentis » par le secteur des transports, pour expliquer d'où émerge son besoin « incompressible » en combustibles liquides ou gazeux, et éventuellement le reconsidérer.

a. Les transformations déjà envisagées

Concernant les mobilités des personnes :

- Les véhicules personnels seront massivement électrifiés, la part restante compte sur des carburants liquides ou des biocarburants. Cette part a été comptée à ce stade du projet comme une hypothèse « prudente » (quelles seraient les implications de ne pas réussir à électrifier tout le parc de voitures ?). Elle pourrait certainement être poussée plus loin.

¹⁴ Nous supposons par ailleurs que la production de chaleur pour les réseaux de chaleur (1,2 Mtep, dont 60 % en bois énergie et le reste en déchets) ne requiert pas de liquide ou gaz. Afin d'évaluer les besoins en gaz et fioul pour la production d'électricité, nous supposons pour nos calculs que le mix électrique est similaire au mix actuel, la demande en électricité étant de 2 % supérieure à l'actuelle après transformation. Les besoins en gaz à proportion constante par rapport à la demande globale sont alors de l'ordre de 4,45 Mtep et ceux en fioul de 1,25 Mtep (source SDES 2018).

- Certains autobus pourront être électrifiés, mais selon un usage plus contraint en raison de questions d'autonomie et de recharge.
- L'électrification devrait progresser pour les tronçons de trains régionaux fonctionnant encore au diesel.
- Pour ces tronçons diesel, de potentiels trains bi-modes électrique et hydrogène pourraient être envisagés.
- Des alternatives au kérosène pour l'aviation semblent loin d'émerger, son utilisation apparaît inévitable même à long-terme. L'électrification de ce mode est compromise du fait de batteries trop lourdes et volumineuses.
- A l'avenir, peut-être que des concepts d'avions adaptés à la contrainte du stockage d'hydrogène comprimé pourraient se développer, mais cela reste hypothétique.
- Enfin, concernant les mobilités quotidiennes, les modes déjà décarbonés, comme le métro, le tramway, les véhicules à assistance électrique, les deux roues électriques, les TER et RER, ainsi que les TGV, voient leurs parts modales augmenter largement.
- Les motos, quant à elles, verront leurs usages réduits aux passionnés.

Les efforts d'ores et déjà consentis par le fret sont les suivants :

- Le fret va voir ses parts modales évoluer, notamment au profit du transport de marchandises par voies fluviales et par voies ferroviaires, plus efficaces énergétiquement parlant que le transport par camions.
- La motorisation des péniches pourrait évoluer vers l'électrique alimenté par pile hydrogène. Ces vecteurs énergétiques seront accessibles via des stations implantées le long des berges. Par ailleurs, une part de propulsion vélique¹⁵ n'est pas exclue.
- Les véhicules utilitaires légers seront électrifiés de même que les poids-lourds pour des tournées de moyennes distances.
- Néanmoins les poids-lourds de longues distances ne pourront pas connaître ce type d'électrification pour une question d'autonomie. Ils pourraient être propulsés par des piles à hydrogène ou bien des motorisations hybrides électriques par voie de caténaires et hydrogène.

La question de l'opportunité d'un recours à l'hydrogène par électrolyse (afin de décarboner les besoins en carburants liquides ou gazeux) pourra se poser pour certains modes.

- Le développement d'une infrastructure hydrogène porte des questions de faisabilité technique et financière, c'est pourquoi elle n'est pas envisagée pour alimenter les transports « diffus » (VUL et voitures).
- Si les péniches de transport de marchandises et les poids-lourds de longues distances sont amenés à être alimentés à l'hydrogène, alors se pose la question du lieu d'implantation de ces bornes et de la finesse du maillage.

Une hybridation de certains poids-lourds à l'aide d'un système de caténaires et de combustible hydrogène pourrait être envisagée.

- La pose de ces caténaires ne se ferait que sur les portions de route très empruntées par les PL, pour des questions de coûts, tels que le sont actuellement les tronçons Lille-Paris, ou encore Lyon-Dijon-Metz.
- Le coût par kilomètre de ces caténaires est de l'ordre de 670 000 à 3,2 millions d'euros¹⁶.

¹⁵ vélique = à voiles

¹⁶ Conversion selon le taux de change en vigueur à la publication du rapport ICCT 0,84 eur = 1 USD p.21
https://theicct.org/sites/default/files/publications/Zero-emission-freight-trucks_ICCT-white-paper_26092017_vF.pdf

b. Les options possibles de décarbonation des besoins en carburants liquides et gazeux après transformation

Les bilans des consommations énergétiques des secteurs nous mettent face à un constat de contrainte énergétique en ce qui concerne les carburants liquides et gazeux.

Dans cette section, nous explorons les différentes options qui pourraient être mises en œuvre pour équilibrer le bouclage macro-énergétique (c'est-à-dire à une situation dans laquelle les besoins en ces carburants seraient comblés de manière décarbonée), que ce soit en réduisant la demande ou en augmentant l'offre.

- Repenser les secteurs pour aller vers plus de sobriété
- Produire plus d'agrocarburants et de biogaz, ou en importer
- Passer massivement à l'hydrogène par électrolyse
- Passer massivement à la méthanation (*Power-to-gaz*)

Chaque option impose des contreparties que nous tentons de mettre en lumière le plus concrètement possible.

Repenser les secteurs pour aller vers plus de sobriété

Une première option, évidente, serait que chaque secteur revoit sa copie pour proposer un mode de fonctionnement plus sobre que celui qu'il a pour l'instant proposé dans cette version du PTEF.

Cette option devrait s'accompagner d'analyses mises à jour quant aux modes de vie, à l'emploi, et aux différents impacts environnementaux, de consommation de matière et d'énergie, des différents secteurs.

Produire plus d'agrocarburants et de biogaz, ou en importer

Une seconde option est d'augmenter la disponibilité en carburants liquides et/ou gazeux par une exploitation plus grande des terres agricoles.

On peut d'une part prendre une hypothèse d'augmentation de la part de ressources lignocellulosiques qui peut être mise dans les digesteurs, afin de passer d'une production de 3,3 Mtep, qui est une hypothèse prudente, à une production de 6 Mtep de biogaz voire davantage.

Nous explorons ensuite la possibilité de couvrir l'ensemble des besoins en carburants liquides par une production d'agrocarburants de seconde génération. Les calculs et raisonnements sont disponibles en annexe, leur objectif étant de décrire les conséquences d'un tel choix :

- Afin d'obtenir les 11,4 Mtep de agrocarburants nécessaires, l'occupation d'espace serait d'environ 14 millions d'hectare, soit environ 50 % des surfaces agricoles utiles françaises, actuellement¹⁷ et à l'état final¹⁸. Ceci sans considérer les nécessaires rotations culturales qui augmenteraient encore davantage les surfaces nécessaires.
- Cela correspondrait à 26 % de l'espace métropolitain qu'il faudrait donc transformer en surfaces agricoles supplémentaires, ce qui permettrait de se nourrir et disposer d'assez de carburants liquides.
- À cela s'ajoute la production de biogaz, associée aux résidus de culture de colza et aux cultures intermédiaires des 14 Mha de culture de colza supplémentaires : 5,7 Mtep de biogaz, ce qui ne comblerait toujours pas totalement les besoins en combustibles gazeux (le reste à trouver serait de 8Mtep).

Les conséquences en termes d'emprise au sol seraient donc très fortes.

¹⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Surface_agricole_utilis%C3%A9e#En_France

¹⁸ Le secteur agriculture a émis l'hypothèse d'une surface arable constante

Enfin, si l'on importait tout ou partie du biogaz et des biocarburants, ce serait autant de terres arables prises au détriment de l'alimentation ou des usages énergétiques d'autres populations, sans parler de l'usage des ressources en eau.

- C'est autant de terres qui ne seraient pas alloués à la production alimentaire, humaine ou animale.
- Dans un contexte de dérèglement climatique et de potentielles diminutions des rendements de l'agriculture, privilégier l'énergie à l'alimentation humaine est donc un choix tout à fait discutable.
- D'autant plus qu'importer de telles quantités de biogaz et de biocarburants créerait une nouvelle dépendance extérieure aux carburants liquides (cette fois d'origine agricole).

Seule, la production énergétique des secteurs agriculture et forêt ne saurait donc satisfaire les besoins de carburants liquides et gazeux de la France métropolitaine tels qu'envisagés dans le cadre actuel du PTEF.

Passer massivement à l'hydrogène par électrolyse

Nous avons exploré une troisième option : répondre aux besoins en carburants liquides et gazeux par de l'hydrogène par électrolyse uniquement. Les conséquences que nous avons étudiées sont la consommation supplémentaire d'électricité, infrastructures nécessaires, investissements à mobiliser.

Les calculs sont disponibles en annexe, en voici les résultats :

- Pour combler les besoins en gaz et carburants liquides, c'est un total de 32 Mtep, ou 370 TWh d'électricité, qu'il faudrait produire pour le convertir en hydrogène.
- C'est plus de 65 % de consommation d'électricité supplémentaires par rapport au total des 47,2 Mtep d'électricité prévues en fin de transition.
- Il faudrait plus de 40 000 unités d'électrolyse d'1 MW PCS pour produire l'hydrogène nécessaire.
- Un système hydrogène qui servirait à compléter les besoins en carburants liquides et gazeux dans le PTEF, mobiliserait plus de 60 G€ d'investissement initial (hydrolyseurs et stations-services, sans compter les unités de production d'électricité supplémentaires nécessaires pour produire l'hydrogène).
- L'hydrogène se transporte mal, il convient que son lieu de production et son lieu consommation soient proches.
- Par ailleurs, la demande constante en électricité pour l'électrolyse de l'eau pourrait faciliter dans une certaine mesure l'équilibrage offre-demande du système électrique¹⁹.
- Un système hydrogène appliqué aux mobilités présente l'avantage de pouvoir développer des véhicules hybrides hydrogène/électricité, tels les camions équipés de pantographes, pouvant circuler sur les autoroutes électrifiées par caténaies.
- Enfin, les piles à hydrogène contiennent actuellement du platine, dont la ressource est rare et limitée, mais qui peut, dans une certaine mesure, être recyclé. La rareté de ce métal, les concurrences internationales pour son obtention serait alors un nouveau paramètre à considérer.

Passer massivement à la méthanation (Power to gaz)

La quatrième option explorée est celle d'une production de gaz par méthanation pour combler les besoins en carburants liquides et gazeux. La chaîne de production pour passer de l'électricité au méthane (filiale P2G) est composée d'un électrolyseur (comme pour la filiale hydrogène), d'un réacteur de méthanation connecté à une source de CO₂ (pour passer de l'hydrogène au méthane).

Les conséquences d'un tel choix sont les suivantes (calculs disponibles en annexe) :

- C'est au total 49 Mtep, soit 575 TWh, d'électricité qui seraient nécessaires pour répondre aux besoins de carburants liquides et gazeux par un système P2G. Ainsi, développer un système

¹⁹ En constituant une option d'effacement, et en étant une forme de stockage de l'électricité. Cependant, les coûts de production de l'H₂ sont très dépendants du taux de charge de l'installation (son nombre d'heures de fonctionnement par année), et d'autant plus élevés que l'installation fonctionne peu.

P2G de cette ampleur représente un doublement de la production d'électricité finale après transformation.

- Il serait intéressant d'estimer ici les investissements nécessaires au déploiement national d'un système P2G (nous ne l'avons pas encore fait).
- Par ailleurs, la demande constante en électricité pour l'électrolyse de l'eau pourrait faciliter dans une certaine mesure l'équilibrage offre-demande du système électrique.
- L'un des avantages du recours à la méthanation pour les besoins de carburants gazeux est qu'il peut être transporté par les réseaux de gaz existants.

IV- Le secteur Énergie après transformation

Le paysage énergétique après transformation est encore largement incertain à ce stade du projet. Les efforts de sobriété et d'efficacité énergétique des différents secteurs mènent à des besoins encore élevés en carburants liquides et gazeux (bien que les transformations du secteur de l'industrie, qui pèse beaucoup dans ces besoins, n'aient pas encore été prises en compte) : 27 Mtep sont encore requis annuellement (contre 84 actuellement). C'est très significatif en regard de l'emprise au sol qui serait nécessaire pour y répondre par la production agricole (agroc carburants, biogaz), ou de la quantité d'électricité qui serait nécessaire pour y répondre par un système hydrogène ou power-to-gaz.

Cela étant dit, les conclusions suivantes peuvent déjà être tirées quant au système énergétique après transformation :

- Après transformation, le secteur de l'énergie n'est plus dépendant des énergies fossiles, améliorant la souveraineté énergétique du pays, la résilience à la volatilité des cours des hydrocarbures, tout en portant un effet positif sur la pollution atmosphérique.
- La part de l'électricité dans la consommation d'énergie finale passe à plus de 50%. Si les besoins en carburants liquides et gazeux sont remplis par un système hydrogène ou par un système power-to-gaz, la dépendance de l'économie au vecteur électrique sera très forte. En conséquence, notre société sera plus affectée dans l'éventualité d'une défaillance sur le réseau. Cela nous fera donc poser par la suite des questions quant à sa résilience, face à cette grande dépendance à l'électricité ainsi envisagée.
- Les biocarburants issus de l'agriculture représentent 2% des consommations totale d'énergie tandis que le biogaz agricole atteint 7% des consommations. Si jamais le choix est fait de mobiliser l'agriculture pour produire les carburants liquides ou gazeux, ces valeurs augmenteraient significativement (respectivement 13 % et 17 %), pour atteindre une dépendance de notre énergie à l'agriculture de 30 %.
- Une énergie d'origine agricole plutôt que fossile soulève des questions nouvelles de sécurité d'approvisionnement. De manière générale, tout ce qui peut perturber la production de biomasse peut en retour avoir des effets sur le secteur énergie selon le taux de pénétration de ce vecteur dans le mix : sécheresse, inondation, incendie, tempête, vague de chaleur, invasion d'un pathogène ou ravageur...

Des reconfigurations dans le paysage de l'emploi dans le secteur de l'énergie sont à prévoir, mais elles restent à définir.

V- Potentiel de décarbonation d'ici 2025

Un exercice auquel le PTEF souhaite se livrer par la suite, en plus d'apporter une vision long terme de la transition, est d'évaluer le potentiel de décarbonation "technologique" de certains secteurs d'ici 5 ans. Cela sera à mettre en vis-à-vis d'objectifs de décarbonation à cette date, et permettra de chiffrer "ce qui peut venir de la technologie à usage inchangé" (efficacité énergétique, changement de technologie pour répondre à un même usage...) et de mettre ainsi en exergue "ce qu'il reste à faire pour atteindre l'objectif", qui devra donc être trouvé dans des changements d'usages ou des changements organisationnels.

Concernant le secteur de l'énergie, nous avons pour l'instant évalué le levier technologique "Potentiel de décarbonation de l'électricité d'ici 2025". A terme, cela sera à mettre en commun et agréger avec les leviers d'autres secteurs, notamment de la mobilité d'une part, du bâtiment d'autre part, pour effectuer l'exercice en entier.

On propose donc ici une ébauche de ce que pourra devenir ce chiffrage : on calcule seulement les gains d'émissions dans le bâtiment et dans la mobilité en considérant que leurs consommations d'électricité en 2025 sont égales aux consommations actuelles, et en évaluant le gain obtenu avec les nouveaux facteurs d'émission de l'électricité tels qu'on les calcule pour 2025. Par la suite, il faudra aussi prendre en compte les leviers des autres secteurs qui feront évoluer la demande en électricité en 2025, au lieu de la maintenir constante : par exemple, dans le bâtiment, le levier "Transfert de technologies de chauffage vers les pompes à chaleur" peut faire évoluer la demande en électricité du secteur à la hausse, tandis que le levier "Isolation des bâtiments" la fera évoluer à la baisse.

L'électricité française métropolitaine est déjà largement décarbonée du fait de la part de production nucléaire, mais le mix comprend encore 4 centrales fonctionnant au charbon, dont la combustion est fortement émettrice : une centrale à Cordemais (deux unités de 600 MW), une au Havre (600 MW), une à Gardanne (600 MW) et une à Saint-Avold (600 MW)²⁰.

Les fermetures de ces centrales sont prévues d'ici 2022 dans la PPE, sauf cas de reconversion²¹. Cependant, certains facteurs rendent incertain leur arrêt complet avant cette date : le retard pris par la mise en service de l'EPR de Flamanville²², l'incertitude sur la mise en service de la centrale à gaz de Landivisiau²³ et l'opposition à la fermeture rencontrée sur le terrain à Gardanne²⁴. Un projet de reconversion de la centrale de Cordemais est à l'étude : le charbon serait remplacé par de la biomasse et la production limitée par rapport à la situation actuelle, divisant par environ 25 les émissions de CO₂²⁵. La date de fermeture de la centrale de Gardanne n'est pas fixée et celle de la centrale de Cordemais devrait être repoussée à 2024 ou 2026²⁶. L'arrêt des deux autres centrales semble plus précis : 2021 pour celle du Havre²⁷ et 2022 pour Saint-Avold²⁸.

Face à ces incertitudes, nous avons dû faire des hypothèses pour évaluer le potentiel de décarbonation de l'électricité pour 2025. Nous avons considéré une disparition de la production d'électricité à partir de charbon d'ici 2025, remplacée par une production 25 fois moins émettrice sur le modèle des données annoncées pour Cordemais, dans le cadre du projet de biomasse (cela est presque analogue à remplacer par une production décarbonée produite à partir de nucléaire ou d'ENR). Ceci ne constitue qu'un cadre d'hypothèses et ne préjuge pas de l'issue des conflits liés aux projets de fermeture : dans le cadre de cet exercice, l'hypothèse de disparition complète du charbon d'ici 2025 est conservatrice par rapport au cas où il en resterait. En effet, cela reviendrait à avoir surestimé le potentiel d'action des leviers technologiques, dont on veut montrer qu'ils ne suffisent pas à atteindre les objectifs de

²⁰ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/fermeture-des-centrales-charbon-aura-lieu-dici-2022>

²¹ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27energie.pdf>, p. 148

²² <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/la-fin-du-charbon-se-precise-en-france-1215635>

²³ <https://www.usinenouvelle.com/editorial/retraites-nucleaire-sante-plan-de-relance-les-dossiers-chauds-pour-le-prochain-premier-ministre-jean-castex-suite-au-depart-d-edouard-philippe.N982331>

²⁴ <https://www.usinenouvelle.com/article/a-la-centrale-charbon-de-gardanne-meyreuil-emmanuelle-wargon-va-trouver-une-situation-bloquee.N924109>

²⁵ <https://www.edf.fr/groupe-edf/nos-energies/carte-de-nos-implantations-industrielles-en-france/centrale-nucleaire-de-saint-laurent-des-eaux/actualites/en-direct-du-groupe-edf-franchit-un-jalon-important-dans-la-mise-en-oeuvre-industrielle-d-ecocombust>

²⁶ <https://www.usinenouvelle.com/article/l-estuaire-de-la-loire-sans-la-fumee-de-la-centrale-de-cordemais.N941841>

²⁷ <https://www.usinenouvelle.com/article/clap-de-fin-pour-la-centrale-a-charbon-du-havre-le-1er-avril-2021.N918549>

²⁸ https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/01/18/la-france-engage-la-fermeture-de-ses-quatre-centrales-a-charbon_6026413_3234.html

décarbonation rapide. Les résultats sur la nécessité de leviers comportementaux pour compléter les leviers technologiques seront donc renforcés si notre hypothèse de sortie du charbon ne se réalise que partiellement.

Pour évaluer le potentiel de décarbonation de l'électricité, nous avons adopté la méthode suivante. L'objectif était de calculer des facteurs d'émission (FE) de l'électricité (en kgCO₂e/kWh) pour 2025, à comparer avec ceux d'aujourd'hui. Nous sommes partis de la base carbone de l'Ademe²⁹, qui répertorie des FE de l'électricité liés à différents usages de celle-ci : l'Ademe fait en effet la distinction entre des usages souvent liés à des pointes de demande et ceux liés à des moments de production de base, l'électricité étant plus carbonée dans le premier cas, car nécessitant des moyens de production plus carbonés pour assurer la pointe³⁰. Ainsi, l'usage « chauffage » est par exemple plus carboné que l'usage « eau chaude sanitaire », car le chauffage a lieu en hiver lors de périodes de tension sur la demande, tandis que l'eau chaude sanitaire est réchauffée pendant la nuit lorsque la demande est au plus bas.

Nous avons étudié quatre usages (nous reprenons ici les dénominations de l'Ademe, et faute de plus de détails dans la documentation, nous avons préjugé sur la signification de chaque usage tel que présenté ci-après) :

- « Electricité - 201x - mix moyen – consommation », pour les cas où l'on ne peut pas attribuer la consommation d'électricité étudiée à un usage particulier ;
- « Electricité - 201x - usage : chauffage - consommation », pour l'usage de chauffage ;
- « Electricité - 201x - usage : Eau Chaude Sanitaire – consommation », qui correspond au chauffage de l'ECS : nous comptons utiliser ce FE dans le cas de la recharge des véhicules électriques, en faisant l'hypothèse que celle-ci serait étalée sur la nuit de manière similaire au cas de l'ECS (si ce n'est pas le cas, le FE serait plus carboné, donc l'hypothèse est conservatrice dans le cadre de notre exercice) ;
- « Electricité - 201x - usage : Transports – consommation », pour l'usage des transports fonctionnant actuellement à l'électricité (trains, TC).

Les FE de l'Ademe s'expriment en kgCO₂e/kWh et prennent en compte les imports/exports d'électricité. Ils se décomposent en trois parties : une partie « Amont (combustibles) » (amont des combustibles, amortissement de la centrale, émissions annexes de fonctionnement), une partie « Combustion à la centrale » (la plus conséquente) et une partie « Transport et distribution (Pertes) » (plus anecdotique).

Comme nous raisonnons d'un point de vue territorial, nous avons fait le choix de ne considérer que les parties Combustion et Transport (cela a ses limites, car la partie amont ne se déroule pas seulement hors du territoire).

Nous avons ensuite évalué le potentiel de décarbonation de la partie Combustion. Pour ce faire, nous avons relevé dans les Bilans électriques de RTE des cinq dernières années (2015 à 2019) les émissions CO₂ de consommation de combustible par filière, et nous avons calculé pour chaque année la part que représentent les émissions du charbon dans le total (qui tourne entre 25 et 35% sur les cinq ans, sauf pour 2019 où cela avoisine les 8%, car peu d'électricité a été produite à partir de charbon relativement aux années précédentes).

Nous avons alors retiré à la partie combustion des FE cette proportion que l'on a remplacée par une part 25 fois plus faible, conformément à nos hypothèses précitées, en considérant les FE de l'Ademe de 2015 à 2019 et en en prenant la moyenne (afin de calculer un FE moyenné actuel, avec la partie charbon, et un FE moyenné 2025, sans charbon).

²⁹ www.bilans-ges.ademe.fr, mot-clé "Electricité"

³⁰ https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/documentation-gene/index/page/Electricite_reglementaire

Les résultats obtenus pour les FE sont les suivants :

Facteurs d'émission moyennés (kgCO2e/kWh)	Actuel	2025
Mix moyen - consommation	0.0456	0.0356
Usage : chauffage - consommation	0.1309	0.0993
Usage : Eau Chaude Sanitaire - consommation	0.0416	0.0324
Usage : Transports - consommation	0.0268	0.0214

À partir de ces FE, nous avons calculé des baisses d'émissions.

Dans le cas du bâtiment, nous sommes partis de chiffres SDES 2018 de consommations énergétiques du résidentiel³¹ et du tertiaire³², pour répartir les consommations en électricité de ces secteurs, en électricité "classique" d'une part et en électricité "chauffage" d'autre part, que nous avons donc pour le moment conservées constantes en 2025 :

Répartitions des consommations électriques par secteur et usage en 2018 et 2025 (TWh)	
Résidentiel élec classique	105.4
Résidentiel élec chauffage	33.0
Tertiaire élec classique	105.5
Tertiaire élec chauffage	17.8
Total	261.6

Cela nous a permis, à partir des FE « Mix moyen – consommation » et « Usage : chauffage – consommation », « Actuel » et « 2025 », de calculer des émissions actuelles (16,3 MtCO2e) et projetées en 2025 (12,5 MtCO2e). On aboutit ainsi à une diminution de 3,7 MtCO2e.

Dans le cas de la mobilité, nous sommes partis de données Eurostat³³ pour obtenir des consommations électriques du secteur. Ces consommations pourraient être réparties en consommations « transports en commun électrifiés » et en consommations « véhicules électriques », afin d'utiliser pleinement les deux types de FE calculés pour la mobilité, mais nous avons pris le parti pour le moment de considérer que toute la consommation électrique du transport fait partie de la première catégorie, même en 2025. Ce sera à étoffer par la suite avec les autres leviers technologiques.

Nous avons donc cette répartition :

Répartitions des consommations électriques par usage en 2018 et 2025 (TWh)	
Elec transports trains, TC	10.4
Elec VE	0
Total	10.4

À partir des FE « Usage : Transports – consommation », « Actuel » et « 2025 », nous avons ainsi calculé des émissions actuelles (0,28 MtCO2e) et projetées en 2025 (0,22 MtCO2e). On aboutit ainsi à une diminution de 0,06 MtCO2e. Le chiffre est bien sûr bien inférieur au cas du bâtiment, car la consommation d'électricité dans la mobilité ne représente qu'une très petite partie des consommations totales, surtout alimentées par le pétrole.

Ces calculs isolés ne sont pour le moment pas utilisables tels quels pour l'exercice, et doivent être complétés par ceux des autres leviers pour pouvoir en tirer des conclusions.

Nous avons par ailleurs noté certaines limites à nos calculs :

- Nous avons utilisé des sources de données différentes (l'Ademe et RTE) qui ne se correspondent pas exactement pour les périmètres choisis. Notamment l'Ademe mesure du CO2e tandis que

³¹ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>

³² <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-tertiaire>

³³ Eurostat 2018, <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/energy/data/energy-balances>

RTE seulement du CO2, et par ailleurs l'Ademe prend en compte la partie import-export tandis que RTE non : or, la fermeture des centrales à charbon françaises n'influe pas en réalité sur les émissions importées, contrairement à ce que notre méthode laisse supposer en agissant sur le chiffre global. Cependant, cela aura tendance à surestimer la décarbonation (l'électricité importée étant plus carbonnée en moyenne que celle produite sur le territoire), on est donc ici encore conservateur pour l'exercice donc cela convient.

- De même, nous avons surestimé la partie charbon de certains FE dont l'usage se passe en général pendant une production de base et donc peu carbonnée, sans charbon dans le mix, alors que nous l'avons retiré à proportion des Bilans électriques (limite conservatrice).
- Il est discutable d'exclure la partie Amont pour n'avoir que les émissions territoriales, car la partie Amont comprend par exemple les amortissements des installations, qui sont territoriales, ou encore l'amont de la biomasse. Nous avons fait ce choix car tout était mélangé dans un seul chiffre que nous ne pouvions détailler rétrospectivement, et qui était moins conséquent que la partie Combustion donc plus négligeable.
- L'Ademe n'a pas encore de FE pour l'année 2019, nous avons donc pris les FE de 2018 par défaut pour cette année, en leur retranchant les émissions issues du Bilan électrique de 2019.
- En 2019, il y a eu peu de charbon consommé, donc on peut s'interroger sur la légitimité de moyenniser sur les cinq dernières années si cette baisse de consommation enclenchait déjà une sortie du charbon ; cependant, il est conservateur de considérer que l'année 2019 était une exception, non un enclenchement de sortie complète du charbon.
- Nous avons remplacé toute la production à partir de charbon par une production biomasse, ce qui ne sera certainement pas le cas, mais est cependant proche d'une production décarbonée nucléaire ou ENR, pour laquelle on aurait obtenu des résultats analogues en ordres de grandeur (la baisse, aurait été moins conséquente en remplaçant par du gaz, si on considère par exemple que la centrale de Landivisiau prendra en partie le relai, mais ici encore on est de cette manière conservateur).

ANNEXE : Calculs relatifs à l'augmentation de la surface agricole pour combler les besoins en carburants liquides et gazeux

Une seconde option est d'augmenter la disponibilité en carburants liquides et/ou gazeux par une exploitation plus grande des terres agricoles.

Concernant les carburants gazeux, le secteur de l'agriculture peut en effet augmenter la part de ressources lignocellulosiques qui peut être mise dans les digesteurs, afin de passer d'une production de 3,3 Mtep, qui est une hypothèse prudente, à une production de 6 Mtep de biogaz voire davantage.

- Les contreparties de ce développement technologique impliquent de construire et d'alimenter une grande quantité de méthaniseurs, ce qui peut poser des questions d'acceptabilité sociale, d'organisation, et d'arbitrage quant aux différents usages de la biomasse (matériaux, retour aux sols, alimentation animale, énergie...). Il faudrait entre 8 700 et 14 000 unités³⁴ de méthanisation, de capacité de production annuelle comprise entre 5 000 à 8 000 MWhe/an pour produire ces 6 Mtep de biogaz³⁵.
- Ces 6 Mtep de biogaz permettent de répondre à 30 % des besoins totaux de carburants gazeux.

unité = Mtep/an	Combustibles liquides	Combustibles gazeux	Total
Besoins totaux d'énergie finale	11,7	15,2	26,9
Pour production d'électricité	1,3	4,5	5,8
Ressources apportées par les secteurs agri/forêt	1,6	6	7,6
Reste à décarboner	11,4	13,7	25,1

Concernant une production supplémentaire de carburants liquides par l'agriculture, la seule solution qui serait envisageable, pour en estimer les contreparties, est d'allouer plus de terres à la production d'énergie au détriment des cultures dédiées à l'alimentation animale, aux exportations, au détriment des forêts, ou en désartificialisant des terres aujourd'hui artificialisées.

Nous nous basons sur les hypothèses suivantes pour estimer la surface nécessaire si l'on voulait que l'agriculture produise 11,4 Mtep de biocarburants³⁶ (ces calculs ont été effectués en collaboration avec le secteur de l'agriculture) :

- La méthode bénéficiant de meilleurs rendements énergétiques en France est probablement la culture du colza, accompagnée de cultures intermédiaires associées (couvert végétal avant implantation de la prochaine culture).
- Le rendement d'un hectare de colza bio est entre 1,5 et 2,5 t de grains, qui contiennent 45% d'huile.
- Les filières industrielles de biodiesel³⁷ permettent d'obtenir une production d'huile raffinée de 0,8 tonnes à partir de ces grains, soit un contenu énergétique de 0,8 tep (densité énergétique proche du gazole).

³⁴ En ordre de grandeur, c'est équivalent au nombre de stations-services en France.

³⁵ <https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2013-3-page-72.htm?contenu=article>

³⁶ Une totale décarbonation d'une telle quantité de produits pétroliers et de gaz fossile par des biocarburants et du biogaz n'est pas envisagée, ces hypothèses sont formulées à titre d'exemple pour se représenter ce que cela signifierait concrètement.

³⁷ Une méthode de trituration à la ferme est également possible, mais la production d'huile serait alors de 0,6 t.

- Un hectare produit donc 0,8 tep de carburants liquide (biodiesel de raffinerie), en ordre de grandeur.
- Afin d'obtenir ces 11,4 Mtep de biocarburants, l'occupation d'espace serait donc d'environ 14 millions d'hectares, soit environ 50 % des surfaces agricoles utiles françaises, actuellement³⁸ et à l'état final³⁹. Ceci sans considérer les nécessaires rotations culturales qui augmenteraient encore davantage les surfaces nécessaires.
- Cela correspondrait à 26 % de l'espace métropolitain qu'il faudrait donc transformer en surfaces agricoles supplémentaires⁴⁰, ce qui permettrait de se nourrir et disposer d'assez de carburants liquides.

À cela s'ajoute la production de biogaz, associée aux résidus de culture de colza et aux cultures intermédiaires. Si on prend une hypothèse prudente d'une récolte de 2 t de matière sèche par hectare⁴¹, on peut espérer en tirer 0,4 tep⁴².

- Soit, sur les 14 millions d'hectares de colza hypothétiquement cultivés, une production de 5,7 Mtep de biogaz (induisant encore quelques milliers de méthaniseurs supplémentaires)
- Cette production supplémentaire de biogaz ne permettrait pas de combler le besoin de 13,7 Mtep en combustibles gazeux.

Voici le bilan tel qu'il serait avec ces 14 Mha de colza supplémentaires :

unité = Mtep/an	Combustibles liquides	Combustibles gazeux	Total
Besoins totaux d'énergie finale	11,7	15,2	26,9
Pour production d'électricité	1,3	4,5	5,8
Ressources apportées par les secteurs agri/forêt	13,0	11,7	24,7
Reste à décarboner	0,0	8,0	8,0

Enfin, si l'on importait tout ou partie du biogaz et des biocarburants, ce serait autant de terres arables prises au détriment de l'alimentation ou des usages énergétiques d'autres populations, sans parler de l'usage des ressources en eau.

- C'est autant de terres qui ne seraient pas alloués à la production alimentaire, humaine ou animale.
- Dans un contexte de dérèglement climatique et de potentielles diminutions des rendements de l'agriculture, privilégier l'énergie à l'alimentation humaine est donc un choix tout à fait discutable.
- D'autant plus qu'importer de telles quantités de biogaz et de biocarburants créerait une nouvelle dépendance extérieure aux carburants liquides (cette fois d'origine agricole).

Seule, la production énergétique des secteurs agriculture et forêt ne saurait donc satisfaire les besoins de carburants liquides et gazeux de la France métropolitaine tels qu'envisagés dans le cadre actuel du PTEF.

³⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Surface_agricole_utilis%C3%A9e#En_France

³⁹ Le secteur agriculture a émis l'hypothèse d'une surface arable constante

⁴⁰ Ces surfaces seraient en effet "supplémentaires" et non "incluses" dans les surfaces actuellement prévues par le secteur de l'agriculture, qui a affecté les surfaces actuelles à des besoins plus prioritaires.

⁴¹ Afterres prévoit sur un ha de blé typique de son scénario, une production de 8,8 t de matière sèche. Cela serait moins pour du colza - car moins de paille - et une partie de la matière est laissée au champ pour la fertilité des sols.

⁴² Avec un rendement de méthanisation de 0,2 tep par tonne de matière sèche

ANNEXE : Calculs relatifs à la production d'hydrogène par électrolyse pour combler les besoins en carburants liquides et gazeux

Nous explorons maintenant certaines conséquences de répondre aux besoins en carburants liquides et gazeux par de l'hydrogène par électrolyse uniquement : consommation supplémentaire d'électricité, infrastructures nécessaires, investissements à mobiliser.

Le rendement de l'électrolyse

Nous nous basons sur les éléments suivants concernant l'électrolyse :

- La consommation électrique des électrolyseurs industriels (auxiliaires compris) est en général de 4 à 5 kWh/Nm³ d'hydrogène produit⁴³.
- L'hydrogène contient 3kWh PCI/Nm³, donc le rendement de l'électrolyse est de 60% à 75%. Nous retenons une valeur de 70% pour la suite de nos raisonnements en ordre de grandeur⁴⁴.

Nous considérons premièrement les secteurs consommateurs de carburants liquides et gazeux hors transport, avant de traiter les transports.

Secteurs industriels et résidentiels

Pour établir les ordres de grandeurs, nous supposons que le reste à décarboner gazeux pour le résidentiel et l'industrie sont à des fins de chaleur et, de manière très simplificatrice, que les rendements des procédés sont les mêmes au gaz ou à l'hydrogène. Ce qui nous permet de poser qu'un besoin d'1 Mtep PCI gaz dans l'industrie ou le bâtiment peut être remplacé par 1 Mtep PCI H₂⁴⁵.

Si l'on se base sur une production de biogaz par l'agriculture de 6 Mtep, il resterait 17,2 Mtep de carburants liquides ou gazeux à produire pour les secteurs de l'industrie, du résidentiel et du tertiaire, ainsi que pour produire l'électricité⁴⁶ (transports exclus).

Il faudrait donc 24,5 Mtep, soit 285 TWh d'électricité pour produire 17,2 Mtep d'hydrogène.

Secteur des transports

Considérons maintenant les 7,9 Mtep de carburants liquides à produire pour les transports.

- Un moteur diesel a un rendement maximal d'environ 42%, et un moteur essence d'environ 36%⁴⁷.
- En conditions de conduite réelles (non optimales), ce rendement est d'environ 17%⁴⁸ pour les véhicules particuliers⁴⁹ (et nous gardons cette hypothèse pour les bus urbains), on considère un rendement de 35% pour les PL et autocars⁵⁰, dont le point de fonctionnement est plus proche de l'optimal.
- Donc 1kWh PCI de diesel fournit respectivement 0,17 kWh et 0,35 kWh d'énergie mécanique aux véhicules.

⁴³

<http://www.afhypac.org/documents/tout-savoir/Fiche%203.2.1%20-%20Electrolyse%20de%20l%27eau%20revjanv2017%20ThA.pdf>

⁴⁴ http://www.afhypac.org/documents/tout-savoir/fiche_1.2_donnees_physicochimiques_rev.mars_2013.pdf

⁴⁵ Cette hypothèse serait à vérifier en fonction de procédés. Elle fait d'autre part l'impasse sur les difficultés à transporter l'hydrogène, qui doit être produit localement.

⁴⁶ Ce chiffre comprend des pertes de l'ordre de 0,2Mtep

⁴⁷ <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/transports/les-vehicules-essence-et-diesel>

⁴⁸ <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/transports/les-vehicules-essence-et-diesel>

⁴⁹ Using Natural Gas for Vehicles: Comparing Three Technologies (<https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/64267.pdf>)

⁵⁰ En se basant sur des dires d'expert, hypothèse à consolider.

- Côté hydrogène, le rendement dans le véhicule (PAC + moteur électrique) est d'environ $50\% \times 90\% = 45\%$. Mais le rendement de l'électrolyse, pour créer l'hydrogène en amont à partir d'électricité, est de 70 % environ, comme décrit ci-dessus.
- Donc la chaîne énergétique « électricité → hydrogène → électricité → énergie mécanique » a un rendement de 32 % environ, soit un rendement 1,85 fois plus élevé que le diesel pour les véhicules particuliers, et sensiblement identique à celui du diesel pour les PL.
- Il faut donc 7,3 Mtep, ou 85 TWh d'électricité pour remplacer les 7,9 Mtep de carburants liquides et gazeux pour les mobilités.

Bilan

- Pour combler les besoins en gaz et carburants liquides, c'est donc un total de 32 Mtep, ou 370 TWh d'électricité, qu'il faudrait produire pour le convertir en hydrogène.
- C'est plus de 65 % de consommation d'électricité supplémentaires par rapport au total des 47,2 Mtep d'électricité prévues en fin de transition.

On estime qu'il faut environ 170 unités pour produire 1 TWh PCI par année⁵¹. Au total, il faudrait plus de 40 000 unités pour produire les 260 TWh d'hydrogène nécessaire, chaque année.

- Aujourd'hui, un électrolyseur de 1 MW PCS revient à environ 1 million d'euros l'unité. Pour son utilisation dans la mobilité, le coût moyen d'une station-service hydrogène, sans l'électrolyseur, est de l'ordre de 1,5 million d'euros⁵². A de tels coûts, un système hydrogène complet qui servirait à compléter les besoins en carburants liquides et gazeux dans le PTEF, mobiliserait plus de 60 G€ d'investissement initial⁵³.
- L'hydrogène se transporte mal, il convient que son lieu de production et son lieu consommation soient proches.
- Par ailleurs, la demande constante en électricité pour l'électrolyse de l'eau pourrait faciliter dans une certaine mesure l'équilibrage offre-demande du système électrique⁵⁴.
- Un système hydrogène appliqué aux mobilités présente l'avantage de pouvoir développer des véhicules hybrides hydrogène/électricité, tels les camions équipés de pantographes, pouvant circuler sur les autoroutes électrifiées par caténaires.
- Enfin, les piles à hydrogène contiennent actuellement du platine, dont la ressource est rare et limitée, mais qui peut, dans une certaine mesure, être recyclé. La rareté de ce métal, les concurrences internationales pour son obtention serait alors un nouveau paramètre à considérer.

⁵¹ En imaginant des unités d'électrolyse de 1MW PCS de H2 produit fonctionnant 7000h/an, Mémento de l'Hydrogène FICHE 3.2.1 AFHYPAC

⁵² p.62 <http://www.afhypac.org/documents/divers/GUIDE-STATION-HYDROGENE-WEB.pdf>

⁵³ Environ 44 000 unités d'électrolyse à 1 M€, et environ 10 000 stations-services à 1,5M€, sans compter la production d'électricité supplémentaire.

⁵⁴ En constituant une option d'effacement, et en étant une forme de stockage de l'électricité. Cependant, les coûts de production de l'H2 sont très dépendants du taux de charge de l'installation (son nombre d'heures de fonctionnement par année), et d'autant plus élevés que l'installation fonctionne peu.

ANNEXE : Calculs relatifs à la production de méthane par P2G pour combler les besoins en carburants liquides et gazeux

La pertinence d'un système Power-to-Gas (P2G) peut également être étudiée.

Le rendement du P2G

La chaîne de production pour passer de l'électricité au méthane (filiale P2G) est composée d'un électrolyseur (comme pour la filière hydrogène), d'un réacteur de méthanation connecté à une source de CO₂ (pour passer de l'hydrogène au méthane). Le rendement de conversion de l'électricité vers le méthane est de 53%⁵⁵.

Secteurs industriels et résidentiels

Pour estimer les ordres de grandeur, on suppose pour l'instant que le rendement (rapporté au kWh PCI) des procédés dans l'industrie, des systèmes de chauffage et dans la production d'électricité sont les mêmes avec des carburants liquides qu'avec du gaz.

- Afin de produire 17,2 Mtep de méthane, il faut 32 Mtep d'électricité.

Secteur des transports

Concernant les transports, les besoins de carburants liquides et gazeux s'élèvent à 7,9 Mtep. Le rendement d'un moteur à gaz est de 16 % pour une voiture, pour les PL, le rendement du moteur est de l'ordre de 30%, ce qui donne un rendement relatif au moteur diesel de 50% et 45% respectivement.

- Il faudrait 17 Mtep d'électricité pour être équivalent à ces 7,9 Mtep de carburants liquides

Bilan

C'est au total 49 Mtep, soit 575 TWh, d'électricité qui seraient nécessaires pour répondre aux besoins de carburants liquides et gazeux par un système P2G. Ainsi, développer un système P2G de cette ampleur représente un doublement de la production d'électricité finale après transformation.

- L'un des avantages du recours à la méthanation pour les besoins de carburants gazeux est qu'il peut être transporté par les réseaux de gaz existants.
- Le méthane issu de la méthanation peut être utilisé en mobilité, mais présente l'inconvénient de difficilement s'hybrider avec d'autres vecteurs énergétiques.

Il serait intéressant d'estimer ici les investissements nécessaires au déploiement national d'un système P2G.

⁵⁵ Etude portant sur l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire



DOCUMENT DE TRAVAIL

Emploi

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_V0* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivé·es d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne, mobilité longue distance, logement, usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé, culture, défense et sécurité intérieure, enseignement supérieur et recherche, administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation, forêt-bois, énergie, fret, matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries, industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi, finance, résilience et impacts, villes et territoires](#)).

I- Le chantier Emploi dans le PTEF

1- Périmètre du chantier emploi dans le PTEF

Périmètre du chantier emploi :

- La transition que nous décrivons, issue du plan de transformation proposé, mettra en jeu des changements dans notre secteur productif et donc dans les emplois que nous occuperons. Le chantier s'attache à décrire concrètement, en ligne avec l'esprit du PTEF, ce que les gens font aujourd'hui et ce qu'ils pourront faire demain, dans les secteurs considérés par le plan.
- Pour ce faire, le chantier part des changements organisationnels et techniques requis par les objectifs du PTEF, pour tous les secteurs considérés dans le Plan. L'analyse des secteurs « aval » permet de comprendre, à partir des objectifs de changements dans nos usages quotidiens, les dynamiques induites sur l'emploi, dans ces secteurs comme dans les secteurs « amont » de production des biens et services nécessaires à ces usages.

2- Objectifs du chantier emploi dans le PTEF

- L'objectif global du chantier à ce stade d'avancement du PTEF, c'est-à-dire la présentation d'une vision globale de la société transformée en 2050, est de fournir une première évaluation de ses impacts en termes d'emploi, quantitativement comme qualitativement, pour définir un cadre de discussion.
 - Il est en effet essentiel de pouvoir anticiper, discuter et planifier, sur une base factuelle et non spéculative, les mouvements d'emploi et les problématiques associées, impliqués par la transformation proposée vers une société décarbonée et plus résiliente. C'est la seule manière d'éviter d'avoir à subir et (difficilement) gérer ces conséquences dans l'urgence, comme c'est le cas suite à la crise du Covid-19.
 - Les hypothèses de quantification comme les analyses qualitatives seront affinées, au fur et à mesure du développement du Plan, notamment lors des approfondissements sectoriels avec tous les acteurs, et permettront de définir un accompagnement adéquat de la transformation.
- Un premier objectif spécifique est ainsi de donner de premières estimations quantitatives, en ordre de grandeur, de la situation de l'emploi dans les secteurs considérés. Cette évaluation devra permettre de tracer une cartographie globale de l'emploi dans la transition, selon un procédé *bottom-up*.
 - L'évaluation est présentée à ce stade selon la vision long terme du Plan, une image fictive d'une économie qui se re-stabilise après la transformation, à horizon 2050 ;
 - Elle intégrera à terme le « pic » de la transformation, lorsque le maximum d'effort est effectué dans la rénovation thermique, le développement de nouvelles infrastructures, de nouveaux véhicules, etc. Ce pic de transformation devrait aussi correspondre à la plus grande intensité de transferts d'emplois.
- Le deuxième objectif est la description des évolutions qualitatives de l'emploi et des besoins associés en termes d'accompagnement à la transformation, en prenant en compte aussi bien les métiers existants qui devront évoluer, que les transferts entre emplois « anciens » et « nouveaux » dus à la transformation.

- Enfin, ce chantier transverse vise à assurer une cohérence globale entre secteurs. Les objectifs d'un secteur ont des effets directs sur l'emploi au sein du secteur, mais aussi des effets indirects, qu'il faut prendre en compte tout en évitant les double-comptages.

3-Démarche du chantier emploi dans le PTEF

Méthode utilisée, et justification du choix de méthode :

Les détails pratiques de la méthode utilisée par le chantier emploi pour récolter les données auprès des secteurs sont détaillés dans une note de méthodologie dédiée, jointe en Annexe.

Mise en cohérence des impacts emplois dans les secteurs :

- Comme indiqué en introduction, le périmètre du chantier emploi est identique au périmètre du Plan de transformation : ce sont les effets sur l'emploi des objectifs de chacun des secteurs étudiés dans le Plan qui sont estimés.
- Pour chaque secteur, ce sont d'abord les effets directs sur l'emploi dans la branche considérée qui ont été comptabilisés.
- Pour les effets indirects, deux possibilités existent.
 - En cas d'effets indirects dans une autre branche du même secteur ou dans un autre secteur du Plan, ces effets sont comptabilisés de manière à assurer qu'il n'y a ni double-comptage ni oubli.
 - Lorsque des effets indirects existent en dehors d'interactions avec un secteur du Plan, cela est documenté et précisé explicitement dans la note sectorielle concernée.

Quantification des effets sur l'emploi :

- Ce chantier s'est attaché à quantifier les effets significatifs sur l'emploi, dans le but de donner des ordres de grandeur à l'échelle de l'économie française. Certaines créations ou destructions d'emplois ont été estimées non significatives et n'ont pas été quantifiées.
- Parmi les effets estimés significatifs, le chantier a quantifié les créations et destructions d'emplois à long terme (horizon 2050), comme indiqué en introduction. L'approche méthodologique anticipe cependant une étude plus poussée sur les effets en emploi au pic de transformation.
- Les méthodes de quantification du volume d'activité varient d'un secteur à l'autre et sont explicitées dans chaque note sectorielle, mais une méthode fréquemment utilisée est celle du contenu en emploi du chiffre d'affaires d'un secteur, calculée à partir des données Esane 2016 de l'Insee¹ et exprimé en équivalents temps plein par million d'euros de chiffres d'affaires hors taxes (ETP/M€ de CA HT).
- Les autres hypothèses nécessaires ont été explicitées dans les notes sectorielles, et rappelées ici le cas échéant.

Les évolutions qualitatives de l'emploi ont été décrites selon les dimensions abordables à ce stade. Pour l'ensemble des évolutions de l'emploi, le chantier a recueilli des informations des secteurs pour chacun de leurs objectifs de transformation, afin de décrire :

¹ Pour certains secteurs et pour prendre en compte les indépendants, aux données Esane ont été ajoutées des données de 2016 en nombre d'emplois (comptabilisés comme des ETP), issus des bases de données de l'Insee : "L'emploi en France en 2018" (T102B), et "Les revenus d'activité des non-salariés en 2016"

- L'évolution des métiers : tâches à réaliser, compétences nécessaires, niveau de qualification requis ;
- La qualité de l'emploi : attractivité et désirabilité des emplois créés, notamment en termes de niveau de rémunération, de qualification et de désirabilité sociale ;
- La localisation des emplois dans les secteurs en contraction comme ceux en développement, pour anticiper des mouvements territoriaux associés (intra ou intersectoriels);
- Les besoins de formation initiale et professionnelle associés à ces évolutions, y compris dans le cadre de reconversions professionnelles.

La justification de ces choix peut être résumée ainsi :

- Le besoin de partir des secteurs pour la quantification est essentiel à l'objectivation, la compréhension et à la discussion des dynamiques d'emploi identifiées. De nombreux modèles, y compris le « Three-ME » développé par l'ADEME et l'OFCE², produisent des projections en emplois de politiques climatiques. Mais comme l'exprime parfaitement une étude du CIREN de 2017, « leurs résultats sont très dépendants de diverses hypothèses qui, du fait de la complexité de ces modèles, sont peu compréhensibles hors de la communauté des modélisateurs ».³
- La mise en place d'un référentiel commun entre secteurs a facilité les comparaisons, et donc l'appréciation de l'image globale de l'emploi et de ses variations. Ainsi la base de données Esane de l'INSEE pour 2016 était la plus récente disponible, la plus reconnue et couvrant le plus de types d'activités, dans tous les secteurs. Les changements structurels en emploi depuis 2016, hors crise actuelle du Covid-19 qu'il n'est pas encore possible d'évaluer, de même que les effets conjoncturels éventuels, ont été supposés négligeables par rapport à la définition d'ordres de grandeur à horizon 2050.
- L'échéance lointaine ne permettait pas de se prononcer sur des effets quantitatifs non significatifs, ou non directement liés à des besoins de main d'oeuvre dûs aux besoins de transformation du PTEF.
- De même certains effets en emplois induits - non directement couverts et donc influencés par les secteurs du PTEF - ont été documentés autant que possible, mais pas directement inclus dans les chiffrages globaux.
- Le choix d'un raisonnement par volume d'heures travaillées permet de quantifier l'effort total réel (physique) nécessaire, sans présupposer des politiques de l'emploi qui pourraient être mises en oeuvre.
- Le choix d'utiliser autant que possible l'intensité en emploi en ETP/M€ de CA HT dans la branche considérée, comme expliqué précédemment, a été guidé par un souci d'homogénéité, mais aussi de prudence. Ceci a fait suite à une revue rapide de la littérature existante sur le contenu en emploi de la transition énergétique.⁴ Les résultats des études existantes menées à partir de modèles macroéconomiques complexes (tels

² Ce modèle est ainsi utilisé pour les besoins de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), et décrit comme reposant sur 14 000 équations et 70 000 paramètres, mais avec toujours de nombreuses hypothèses d'optimalité

³ Perrier, Q. & Quirion, P. (2017). La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une analyse input-output pour la France. *Revue d'économie politique*, vol. 127(5), 851-887. doi:10.3917/redp.275.0851.

⁴ On s'est notamment référé aux analyses du CIREN déjà citées, et à l'étude de Helene Le Teno. H. Le Teno (2013). *Cartographie de la Transition Carbone. The Shift Project*. <https://theshiftproject.org/article/cartographie-de-la-transition-carbone-un-projet-collectif-ambitieux/>

que mentionnés précédemment) ont permis de vérifier que l'approche choisie ici était globalement prudente.⁵

- Cette méthode peut en effet être appliquée pour un grand nombre de secteurs et d'objectifs de transformation sectoriels, ce qui permet de faciliter les comparaisons et la production d'une image globale cohérente.
- Un principe de prudence a prévalu lorsque cette méthode pouvait avoir tendance à sous-estimer la diminution d'heures travaillées liées à un objectif sectoriel, notamment en termes d'impact sur les emplois indirects. Des analyses alternatives, selon des données disponibles par secteur (en particulier sur les emplois indirects) ou construites de manière "bottom-up" à partir de connaissances sectorielles, ont permis de mieux assurer cette prudence.
- De même, si l'approche a tendance à sous-estimer l'augmentation des besoins totaux en heures travaillées dans certains cas, selon la littérature économique, cette estimation prudente a été en général retenue - à moins qu'un niveau de certitude supérieur était été obtenu avec une méthode alternative.
- Lorsqu'il n'était pas possible d'utiliser la méthode en ETP/M€ de CA HT par manque de données, des méthodes alternatives ont été explorées, et les biais potentiels connus inhérents à une méthode particulière ont été analysés et reportés dans les résultats.
- Les dimensions qualitatives de l'emploi récoltées sont celles qui semblaient les plus pertinentes, au niveau de détail disponible à ce stade, pour tracer les grandes lignes de l'évolution de l'emploi.
 - L'objectif est d'approfondir ultérieurement les problématiques soulevées - et d'autres qui seraient révélées - par un large travail de consultation avec les acteurs du secteur, et en mobilisant les expertises spécifiques adéquates.
 - Certaines pistes ont déjà pu être identifiées sur ces aspects qualitatifs.

Plusieurs limites à cette démarche méthodologique doivent cependant être explicitées, pour clarifier la base de discussion des résultats présentés ici, notamment en termes de quantification des impacts emplois.

- La première limite est que ce modèle n'est pas un modèle « d'équilibre général », dans le sens où il ne prend pas directement en compte les effets induits et nombreuses boucles d'interaction qui peuvent entrer en jeu, notamment lors d'un changement significatif de modèle comme celui présenté.
 - Les boucles d'interaction entre secteurs du PTEF ont bien été prises en compte : ainsi la diminution de la fabrication et de la vente d'automobiles impacte l'emploi non seulement dans l'industrie, mais aussi en aval dans le commerce et la réparation, et en amont en demande d'énergie ou de matériaux pour l'industrie.
 - En revanche, il n'a pas été tenté de prévoir tous les emplois qui pourraient être créés ou détruits en dehors des secteurs considérés ici, du fait des changements proposés dans ces secteurs, ou de comportements induits par ces changements : par exemple le développement de nouvelles activités autour des mobilités douces, qui remplaceront l'usage de l'automobile individuelle. Ces effets induits peuvent être importants selon certaines études⁶. Certains secteurs ou filières

⁵ Le scénario « visions énergétiques 2030-2050 » de l'ADEME, basé sur le modèle Three-Me cité précédemment, aboutit à + 330 000 emplois en 2030 et + 825 000 en 2050

⁶ OECD (2012). The jobs potential of a shift towards a low-carbon economy.

d'un secteur pourraient être intégrés à l'avenir, selon la faisabilité matérielle pour le Shift (par exemple les deux-roues motorisés dans l'industrie automobile). Parmi les autres, beaucoup sont des secteurs serviciels, certains majeurs (par exemple : la distribution alimentaire, le commerce en général, le tourisme), qui s'appuient sur les fondements décarbonés et plus résilients dessinés par les secteurs du PTEF (production alimentaire, fret, mobilité longue distance...). Cette limitation reste cependant claire et ouverte à discussion, compte tenu des contraintes de priorisation.

- Une deuxième limite principale tient à la disponibilité des données à ce stade. Les données manquent encore pour certains secteurs pour dériver de premiers résultats, tandis que pour d'autres des recherches approfondies doivent permettre d'affiner la méthodologie et les hypothèses spécifiques d'évaluation. Il s'agit ici d'un point d'avancement intermédiaire, et le travail de récolte, de cadrage et d'analyse des données est ainsi encore en cours dans un certain nombre de secteurs, notamment ceux pour lesquels l'accès à ces données est plus difficile et/ou le rebouclage entre secteurs plus complexe. La phase ultérieure du PTEF, en permettant un approfondissement avec les parties prenantes pour chaque secteur, est celle qui permettra d'affiner les données et les modèles d'analyse.

4-Organisation du chantier emploi pour le PTEF, interactions avec les autres équipes :

- Le chantier a été mené par une petite équipe dédiée mélangeant expérience en conception et gestion de projet de transformation économique et formation dans l'intégration de la transition économique par les acteurs économiques, et appuyée par un docteur en économie spécialiste des questions de revenu universel.
- L'équipe a interagi régulièrement avec l'ensemble des équipes sectorielles, et de manière plus approfondie avec les secteurs pour lesquels les mouvements en emploi apparaissaient les plus significatifs. Les équipes sectorielles ont renseigné des informations quantitatives et qualitatives sur les emplois de leur secteur, et ont été appuyées par l'équipe du chantier emploi dans la recherche de données et la méthodologie de quantification des effets sur l'emploi, lorsque nécessaire.
- Des entretiens avec des experts ou acteurs des sujets d'emplois et de transition dans certains secteurs ont été menés conjointement par l'équipe sectorielle concernée et l'équipe emploi.

II- Les grands résultats

1- Analyse quantitative synthétique

Parmi les secteurs susceptibles d'être largement impactés par le PTEF en termes d'emplois, le chantier a pu mener une évaluation quantitative en premier ordre de grandeur pour un certain nombre d'entre eux. Le tableau récapitulatif des résultats à ce stade est présenté ci-dessous.

Secteur	Volume d'emploi actuel (ETP)	Volume d'emploi après transformation (ETP)	Evolution (création ou destruction nette d'emplois, ETP)	Evolution (%)	Dont emplois indirects (ETP)
Logement individuel	388 000	343 000 ⁷	(45 000)	-6%	-
Logement collectif	475 000	369 000 ⁸	(106 000)	-20%	-
Industrie automobile ⁹	891 000	602 000	(289 000)	-32%	(199 000) ¹⁰
Agriculture et alimentation ¹¹	1 432 000	1 893 000	461 000 ¹²	+32%	(86 000)
Forêt et bois	171 000	201 000	30 000	+18%	-
TOTAL	3 357 000	3 376 000	19 000	+0,6%	(275 000)

Ainsi en ordre de grandeur, le Plan implique majoritairement une forte augmentation de la demande en emploi dans l'agriculture, nécessaire à la forte réduction de l'impact environnemental du secteur. À l'inverse l'automobile serait l'industrie la plus touchée par ces objectifs, avec notamment un effet significatif sur les emplois indirects (industrie lourde, sous-traitants, commerce et maintenance).¹³

Les dynamiques d'emploi dans ces secteurs sont cependant très différentes¹⁴:

- Ainsi les évolutions dans le logement cachent une forte contraction de la construction dans le logement individuel neuf (-163 000 ETP) et collectif (-137 000 ETP), et une forte augmentation de l'activité dans la rénovation énergétique (+118 000 ETP dans le logement individuel, +31 000 ETP dans le logement collectif). La projection d'une forte contraction de la construction de logements neufs correspond à des efforts de sobriété conséquents dans le secteur du bâtiment et paraît cohérente avec les besoins de logement, compte tenu des projections sur l'évolution du nombre de ménages, et des projections de mouvements de la population vers les zones rurales et les petites villes

⁷ Volume d'emploi estimé sur le chiffrage au pic de transformation : on suppose que le volume d'activité de rénovation se maintiendra à un niveau similaire à long terme

⁸ Même remarque que pour le logement individuel

⁹ Ensemble de la filière automobile : noyau de l'industrie automobile et intérimaires de l'industrie automobile, R&D et périphérie (fournisseurs : produits en caoutchouc et en plastique, métallurgie, produits métalliques, informatiques, pièces mécaniques...), et aval de la filière (commerce, entretien, réparation, contrôle technique ; hors assurance, experts, crédit, LLD)

¹⁰ R&D, périphérie, et aval de la filière

¹¹ Agriculture, Pêche et aquaculture, Industries agroalimentaires hors fabrication de boissons, Fourniture d'intrants et de services agricoles, Commerce de gros de produits agricoles, produits alimentaires et boissons, Artisanat commercial

¹² Industries agroalimentaires hors fabrication de boissons, Fourniture d'intrants et de services agricoles, Commerce de gros de produits agricoles, produits alimentaires et boissons, Artisanat commercial

¹³ Comme indiqué dans la section méthodologique, le chantier emploi s'assurera d'éviter le double comptage des effets indirects une fois tous les rebouclages complétés, notamment avec le secteur "industrie lourde, matériaux et recyclages" du Plan.

¹⁴ Voir les notes sectorielles correspondantes pour plus de détails

(qui comptent actuellement un certain nombre de logements vacants) dans le cadre de la transformation proposée. Concrètement, cela représente une forte contraction des métiers du gros œuvre et au contraire une augmentation des métiers du second œuvre dédiés à la rénovation énergétique, plus qualifiés que les premiers.

- Dans le secteur agriculture et alimentation, c'est la relocalisation sur le territoire de la majeure partie des productions de fruits et légumes (+366 000 ETP), la généralisation des pratiques agroécologiques (+133 000 ETP), et la diversification des activités de transformation et de commercialisation par les producteurs eux-mêmes (+42 000 ETP) qui expliquent la forte croissance. Au contraire, la pêche industrielle et dans une moindre mesure la pêche artisanale se contractent, tandis que la pisciculture connaît une légère hausse (environ -4 000 ETP au total). Une baisse des emplois indirects est attendue: en aval dans l'industrie agroalimentaire en raison de la contraction de la transformation des produits animaux (-60 000 ETP) et dans le commerce et négoce (-19 000 ETP), en partie compensée par une croissance de l'artisanat commercial (environ +12 000 ETP) notamment boulangerie-pâtisserie ; et en amont dans la fourniture d'intrants et de services agricoles (-8 000 ETP).
- Dans l'automobile, l'amplitude de la baisse en ETP s'explique par plusieurs phénomènes, pris ici en premier ordre, et avec un ensemble d'hypothèses considérées conservatrices par dires d'experts et revue de littérature. C'est d'abord la réduction du roulement du parc qui implique une forte contraction du marché (-29%), qui a été appliquée à l'ensemble de la production française, y compris celle destinée à l'exportation, dans une hypothèse conservatrice. À cela s'ajoute le passage à l'électrique de 77% de la production, qui a en lui-même un effet négatif sur l'emploi, un véhicule électrique requérant moins de main d'oeuvre à la production - d'autant plus que les potentiels emplois créés dans l'industrie des batteries ont été pris en compte en dehors de l'industrie automobile. Ces deux effets cumulés aboutissent à une diminution des emplois directs dans le noyau de la filière (-89 000 ETP) et des emplois indirects et de l'aval de la filière (-199 000 ETP).
- La variation globale présentée dans le secteur forêt et bois, significative en valeur relative bien que faible en valeur absolue, est due à un ensemble d'objectifs de redynamisation de la filière, liés à ceux de la décarbonation et de la résilience. Un élément important est lié à l'augmentation de l'utilisation de produits bois en construction et rénovation des bâtiments, très favorable en termes de réduction des gaz à effets de serre, seulement en partie compensé par une baisse d'activité pour d'autres produits bois à courte durée de vie (palettes, emballages...).

Les analyses quantitatives sur l'emploi n'ont toutefois pu être menées à bout pour un certain nombre de secteurs potentiellement fortement impactés quantitativement par le Plan. Cela a été le cas notamment par manque de données ou de finalisation des choix sectoriels à ce stade, ou par manque de temps pour finaliser les vérifications méthodologiques. Il s'agit notamment :

- Du secteur énergie, parce que peu de données sur l'emploi sont disponibles dans les filières fossiles (qui se contractent), et que le volume et la qualité de l'emploi dépendent du mix électrique privilégié : le contenu en emploi par puissance installée et par énergie produite varie largement d'un mode de production à l'autre¹⁵, et les métiers et niveaux de qualification sont sensiblement différents. À ce stade, les potentiels de reconversion entre filières ou vers d'autres activités n'ont pas encore été évalués.

¹⁵ Par exemple, le contenu en emploi par énergie produite en phase d'exploitation et maintenance est près de deux fois plus élevé dans le nucléaire ou le photovoltaïque que dans l'éolien terrestre ou offshore (UFE 2017, "L'électricité au service d'une transition écologique et solidaire"). Il faut cependant prendre ces ratios avec prudence au niveau macro-économique, le coût de la création de capacité de production influant sur le revenu disponible et donc la demande dans les autres secteurs économiques.

- Du secteur industrie lourde, matériaux et recyclage : la modification des usages peut avoir des effets directs sur l'emploi dans l'industrie (par exemple, la diminution du roulement du parc automobile a pour effet une diminution de la demande pour la métallurgie), dont certains n'ont pas encore été quantifiés. De plus, des efforts de sobriété propres à chaque filière industrielle pourraient contribuer à la contraction de ces filières : c'est par exemple le cas de la filière du ciment (dont les besoins de sobriété propres doivent encore être mis en cohérence avec les secteurs du bâtiment et de la construction). Enfin, l'emploi dans l'industrie dépend en grande partie de politiques industrielles qui n'ont pas été développées en profondeur pour le moment. La structuration de nouvelles filières industrielles (relocalisation de l'industrie pharmaceutique, développement de la filière batteries, structuration d'une filière recyclage et seconde vie) pourrait aboutir à un effet net positif sur l'emploi dans le secteur, mais reste aussi à quantifier.
- De la mobilité longue distance, en particulier du fait de la contraction de l'emploi dans le transport aérien (personnel navigant, commercial, pilotes, personnel aéroportuaire)¹⁶ et automobile, et à l'inverse le développement du transport ferroviaire; et du fret, avec la contraction du fret aérien et automobile, et le développement du fret ferroviaire et fluvial.
- Du bâtiment tertiaire, qui sera essentiellement concerné comme le logement individuel et collectif par une augmentation de la rénovation énergétique et une contraction de la construction neuve.

D'autres secteurs seraient impactés de manière plus négligeable ou globalement neutre en emploi, sous réserve de décisions politiques spécifiques hors cadre du Plan, même si certaines réallocations peuvent être attendues. Les (potentielles) variations en emploi sont décrites qualitativement dans le tableau ci-dessous, en l'état actuel des données disponibles, de même que les besoins de formation prévus dans le secteur.

Secteur	Evolution du volume d'emploi	Besoins de formation et mouvements sectoriels anticipés
Mobilité du quotidien	Stable	Formation initiale et continue des décideurs (notamment dans les collectivités territoriales : élus et chargés de mobilité)
Santé	Hausse	Augmentation du nombre d'Infirmiers en Pratique Avancée ; formation des équipes de gestion et d'administration (acheteurs notamment) ; formation des professionnels de santé
Enseignement sup. et recherche	Stable	Intégration des enjeux climat à la formation initiale et continue
Usages numériques	Stable	Formation aux impacts du numérique ; pas de hausse des métiers du numérique (contrairement à de nombreuses projections)
Culture	À définir	Formation aux impacts carbone ; contraction de la réalité virtuelle et du cloud gaming et des grands événements ; potentiel de développement d'événements plus petits et mieux répartis sur le territoire
Défense et sécurité intérieure	Stable	Non identifiés
Administration publique	Stable	Intégration des enjeux climat aux formations initiales (concours d'entrée à la fonction publique etc.) et continues

¹⁶ Les compagnies aériennes et les services aéroportuaire représentent près de 100 000 emplois en France" d'après le rapport du Shift (2020): *Crise(s), climat : préparer l'avenir de l'aviation*, qui cite la Fédération Nationale de l'Aviation Marchande. <https://theshiftproject.org/article/climat-preparer-avenir-aviation-propositions-shift-contreparties/>

Analyse qualitative synthétique :

Il apparaît donc que certaines évolutions anticipées de répartition des emplois entre secteurs, et entre les filières d'un même secteur, vont impliquer des transferts massifs.

- Pour pouvoir accompagner convenablement ces transferts d'emplois, il faut pouvoir comprendre la teneur et l'évolution des métiers, de la qualité de l'emploi, et la localisation des emplois dans les secteurs concernés.
- Il devient alors possible de définir les besoins de formation initiale et continue associés à ces évolutions, notamment dans le cadre de reconversions professionnelles ou de mouvements géographiques.
- Il revient alors aux pouvoirs publics de planifier et de coordonner ces politiques de formation et de reconversion, et de définir les politiques plus larges de soutien à l'emploi nécessaires. Ainsi les demandes de certains secteurs ou entreprises en la matière, souvent faites dans l'urgence, pourront être placées dans le contexte d'une approche globale qui va dans le sens de l'intérêt général.

En terme de métiers, les enjeux dans les secteurs majeurs en termes de mouvements d'emploi semblent davantage liés à la formation de nouvelles personnes ou à des besoins nouveaux qu'à des changements majeurs de tâches, compétences ou niveaux de qualification pour des personnes déjà dans le secteur et qui y resteraient.

- Ainsi dans la construction, il s'agit principalement d'un report d'emplois depuis la construction neuve vers la rénovation, ce qui implique un développement des métiers de la rénovation énergétique au détriment du gros œuvre, mais peu d'évolutions métiers pour une grande part de l'activité existante (notamment dans le second œuvre).
- Dans l'agriculture, un changement de l'enseignement des pratiques doit être opéré pour généraliser l'agroécologie, mais c'est avant tout une massification des formations (initiales et de reconversion) aux métiers agricoles qui doit être opérée.
- Dans l'automobile, l'électrification requiert de nouveaux besoins en compétences (montage électrique-électronique, équipements électriques) tandis que d'autres auront tendance à décliner (usinage acier, fabrication mécanique)¹⁷ ; le développement d'une filière batteries solliciterait également de nouvelles compétences.

La question de la qualité de l'emploi dans ces transitions est également essentielle. Quelle est l'attractivité relative des emplois dont la demande va augmenter par rapport à ceux qui vont être réduits ? Comment se compare le niveau de rémunération, la pénibilité et la valorisation sociale ? Quelques premières conclusions peuvent être dégagées à partir des données disponibles.

- On constate au prime abord que les emplois créés le seront pour partie dans des métiers où les rémunérations peuvent être modestes et qui sont parfois peu valorisés socialement : métiers agricoles ou métiers de la construction par exemple. La prudence est d'autant plus requise que, selon certaines études, le contenu en emploi d'un secteur est inversement lié, en premier lieu et à court terme, au niveau de salaire : un secteur à contenu en emploi plus élevé a souvent des niveaux de salaire plus bas.¹⁸
- Cependant l'exemple du secteur agricole montre qu'il est possible de trouver des solutions positives. Ainsi, les objectifs du secteur dans le cadre du PTEF ont pu être construits sur une hypothèse de revalorisation des revenus et de baisse des charges et

¹⁷ Observatoire de la métallurgie, 2018, Analyse prospective des impacts des mutations de la construction automobile sur l'emploi et les besoins de compétences

¹⁸ Perrier, Q. & Quirion, P. (2017), *ibid.*

de l'endettement fiche sur l'agriculture tout en maintenant un effet global positif sur le pouvoir d'achat des Français pour l'alimentation (une fois le rééquilibrage des régimes alimentaires pris en compte).

- Enfin dans l'automobile, malgré la tendance structurelle à la baisse et les difficultés particulièrement importantes actuelles, le secteur peine aujourd'hui à attirer la main d'œuvre adéquate, du fait de conditions de travail réputées pénibles et plus généralement d'une moindre valorisation sociale.

On constate par ailleurs que les transferts d'activité auront des effets hétérogènes sur le territoire français.

- Certaines régions ou bassins d'emploi seront plus durement impactés. Il s'agit par exemple des bassins d'emploi où l'industrie automobile représente une part significative de l'activité, notamment dans le Nord de la France. De même l'élevage industriel, qui doit faire place à des élevages plus soutenables, tend à être concentré, comme en Bretagne, Pays de la Loire et Normandie.
- D'autres bassins devraient bénéficier de la transformation, par exemple de nombreux territoires ruraux que la forte hausse d'emploi agricole, conjugués aux autres aspects du Plan (urbanisme et mobilité notamment), pourrait revitaliser.

Premières conclusions sur les besoins d'accompagnement de l'emploi dans la transformation :

La conclusion principale est qu'il est essentiel d'anticiper sur le très long terme des efforts de reconversions professionnelles ambitieux, en prenant en compte les aspects sociaux, et en limitant autant que possible les difficultés que ces reconversions peuvent engendrer.

- L'anticipation permettra de donner la visibilité nécessaire aux employeurs comme aux salariés dans l'utilisation des mécanismes de reconversion existants, et de diminuer ainsi les impacts sur les salariés.
- L'anticipation de ces transferts d'emploi ne saurait se restreindre aux secteurs énergie, bâtiment (résidentiel et tertiaire) et transports, seuls couverts à ce jour par le "Plan de Programmation des Emplois et des Compétences" (PPEC) de 2019, dit rapport Parisot. Cette réflexion doit être menée pour l'ensemble des secteurs, et en particulier pour l'agriculture et l'agroalimentaire, grands absents des projections à l'heure actuelle.
- L'intensité et le contenu de l'accompagnement devront être anticipés selon le type de mobilité nécessaire. La mobilité intra-entreprise est *a priori* la plus "naturelle", et les mouvements d'emploi dans un même bassin moins pénalisants à court terme pour les modes de vie. Il est bien plus difficile en revanche de changer de culture d'entreprise, voire de filière, ou de devoir changer de territoire pour retrouver un emploi.

En termes de formation plus spécifiquement, on peut résumer ainsi les enjeux majeurs soulevés par les résultats précédents - qui seront approfondis lors de consultations sectorielles spécifiques dans les prochaines phases du PTEF.

- L'évolution des formations initiales devra tenir compte des besoins de la transformation de l'économie, et ce dès l'enseignement primaire (sensibilisation, découverte) et jusqu'à la formation professionnelle (dimensionnement de l'offre de formation, évolution des contenus).
 - La formation continue et la formation professionnelle devront accompagner les évolutions de métiers et compétences, et favoriser les reconversions professionnelles.

- Il s'agira notamment de bien apprécier les compétences métiers et le niveau de qualification des travailleurs des secteurs en contraction, pour valoriser au mieux les compétences et qualifications déjà existantes.
- Dans le secteur agricole par exemple :
 - Les formations initiales devront donner envie de se diriger vers les métiers agricoles, et les formations agricoles initiales devront être redimensionnées pour former des agriculteurs, et en particulier des maraichers, plus nombreux, tout en faisant évoluer le contenu (agroécologie, diversification des activités...)
 - En parallèle, pour répondre rapidement au besoin massif d'actifs agricoles, des formations continues devront être accessibles pour les agriculteurs en place ainsi que pour d'autres actifs souhaitant se convertir à l'agriculture.
- Les problématiques métiers et compétences seront également essentielles à la transformation dans les nombreux secteurs pour lesquels nous n'anticipons pas d'effet significatif sur le nombre d'emplois.
 - Les métiers et les compétences devront évoluer pour mettre en oeuvre la transformation de l'économie. Cela nécessite d'une part un effort de formation continue de grande ampleur pour les professionnels déjà actifs, et d'autre part une évolution des formations initiales pour intégrer ces évolutions.
 - Dans l'administration publique par exemple, les concours d'entrée et la formation continue devront intégrer les enjeux climat et de résilience pour permettre la compréhension des enjeux et y adapter les politiques publiques - de même dans les secteurs de la culture, l'enseignement supérieur, le numérique, pour les acheteurs des organisations de santé, etc.

Premières implications de ces résultats sur l'expérience individuelle du marché de l'emploi en 2050 :

À partir de ces premiers résultats et des objectifs sectoriels qui les sous-tendent¹⁹, on peut extrapoler les visions suivantes de la situation du marché de l'emploi après transformation, pour les secteurs que l'on a pu évaluer ici. Les incertitudes subsistantes dans les autres secteurs doivent bien sûr être levées pour compléter cette vision à terme, y compris en termes de points de difficulté particuliers à soulever.

- Forte augmentation de la demande de travail en agriculture, avec des tâches variées, la valorisation d'un travail bon pour l'environnement, et une meilleure rémunération horaire. D'autres aspects du Plan doivent rendre le travail et la vie rurale plus aisés à embrasser pour un grand nombre, comme le (re)développement des liaisons ferroviaires régionales et locales ou la redynamisation et le réaménagement des centres-bourgs alentours.
- De même le travail dans le domaine des forêts et du bois est mieux valorisé car il est focalisé sur des productions plus durables et liés à des chaînes de valeur relocalisées, par exemple pour l'utilisation de produits bois dans la construction et la rénovation. Une meilleure planification de ces besoins finaux notamment en rénovation permet une meilleure stabilité de l'activité.
- La forte demande pour le travail en rénovation de bâtiments doit permettre d'avoir une activité plus stable du fait d'objectifs de rénovation bien plus indépendants de la conjoncture que les activités de construction (par essence extrêmement pro-cycliques).

¹⁹ Voir les fiches sectorielles respectives

La formation à des techniques avancées de rénovation énergétique doit conduire à une meilleure valorisation salariale et sociale de ces métiers.

- Les emplois dans l'automobile sont plus stables, car les besoins et donc la production sont planifiés et organisés sur le long terme. Si les hypothèses précédentes étaient prudentes sur les chiffreages, selon les affirmations de plusieurs grands constructeurs, une montée en gamme devrait accompagner la fin de la stratégie de volumes. La direction claire et long terme du Plan de transformation sur des véhicules plus légers et moins carbonés doit aussi donner de la visibilité à l'industrie pour les investissements adéquats en technologie, ce qui devrait favoriser une dynamique positive de compétences et de salaires.
- Les orientations dans les secteurs serviciels sont aussi plus cohérentes, et les métiers sont valorisés socialement car participant à une économie décarbonée et plus résiliente.

Il est également important de contraster les résultats précédents et la vision qui pourrait en découler avec la situation actuelle du marché de l'emploi. Le manque d'anticipation des contraintes climatiques et des autres risques majeurs qui se présentent à nos sociétés ont en effet des conséquences désastreuses, sur les salariés des secteurs touchés aujourd'hui comme demain, mais aussi sur tous les français.

- Tout d'abord il faut noter que si les créations d'emploi induites par le Plan apparaissent concentrées dans les secteurs primaires et secondaires, et touchent peu les cadres, cela répond justement aux déséquilibres du marché du travail actuel.
 - En effet le chômage touche bien davantage aujourd'hui les catégories socio-professionnelles des ouvriers et employés et les personnes ayant un niveau de diplôme peu élevé²⁰, tandis que les agriculteurs souffrent d'un système qui les endettent et érodent sans fin leurs revenus.
 - C'est d'ailleurs ce à quoi faisait référence Dominique Méda dans une récente tribune pointant les bénéfices d'une approche telle que celle du PTEF du Shift pour ces catégories.²¹
- Ensuite, les projections faites par exemple sur le marché automobile ou d'autres secteurs trop carbonés ne découlent pas d'une volonté de mettre à bas une filière qui crée des emplois (parfois nombreux), bien au contraire.
 - Il s'agit d'anticiper la tendance inéluctable de ces secteurs et des transformations à venir, pour éviter les drames humains actuels. Cette première étape d'estimation des tendances fortes permet d'objectiver le débat, comme le réclament d'ailleurs les acteurs du secteur, plutôt que des discours (et modèles) difficilement vérifiables, promettant des lendemains qui chantent.
 - Il faut ensuite, comme il est prévu dans le développement du PTEF, approfondir les études sectorielles pour décider des mesures les plus adaptées pour atteindre les objectifs de transformation, notamment en termes de transition en emploi. Le rapport Parisot (PPEC 2019, mentionné précédemment) ne le dit pas autrement : "Il faut évaluer les opportunités et les risques, de manière transversale, filière par filière, région par région et branche par branche. La transition sera socialement acceptable si elle est anticipée et si les ajustements se font au plus près du terrain et des acteurs concernés."
 - Se préparer 30 ans à l'avance par rapport aux contraintes inéluctables du climat et des énergies fossiles, avec une trajectoire systémique que l'on a pu

²⁰ Insee 2019, France - Portrait social, "Chômage" ; Insee 2020, Tableaux de l'économie française, "Chômage"

²¹ <http://www.leslilasecologie.fr/2020/04/un-prelude-a-la-reconversion-ecologique-de-nos-societes.html>

discuter, c'est se donner les moyens d'identifier ces opportunités et d'organiser la transition de manière positive et non subie, en ne laissant personne dans l'incertitude de son emploi. Le cas échéant, cela permettra d'anticiper les politiques de l'emploi plus générales adaptées à la transition (par exemple, en termes d'indemnisation pour des formations à des métiers de la transition en forte demande, notamment pour des catégories précaires et défavorisées).

- Enfin, il est révélateur d'observer les développements récents dans les secteurs automobile et aérien pour comprendre le risque d'une attitude complaisante : ne sauver ni l'emploi ni le reste.
 - Comme le montrent les dernières annonces dans l'automobile, la construction aéronautique et le transport aérien, les plans de sauvetage qui leur ont été destinés, aussi massifs qu'ils aient été, n'ont pas été suffisants pour empêcher des plans sociaux dramatiques. Préparés dans l'urgence, ceux-ci menacent l'emploi sur un temps très court dans des régions spécifiques, comme la région toulousaine pour la construction aéronautique, ou des sites à fort impact local dans l'automobile. Certaines dispositions pourraient même contraindre les salariés à des mouvements territoriaux à court terme, sous peine de licenciement.
 - Dans le même temps, les contreparties obtenues par l'État pour réduire les impacts climatiques de ces secteurs ont été bien maigres, ne menant par exemple qu'à des fermetures minimales de lignes déjà déficitaires dans l'aérien.
 - Ainsi c'est une triple peine qui risque d'être subie par les salariés : ceux déjà impactés en termes de perte d'emploi, ceux qui sont maintenus dans une incertitude accrue en l'absence de vision réaliste de l'industrie (l'accélération de 15 ans du progrès technologique ne se décrète pas), mais aussi par tous les Français, notamment en termes de coût climatique à venir.

ANNEXE : Méthodologie d'évaluation de l'emploi dans le cadre du PTEF

1- Identifier l'ampleur des effets sur l'emploi

Il s'agit de déterminer si les effets de la mesure sur le **nombre d'emplois** sont négligeables ou significatifs.

On peut considérer que les effets sur l'emploi sont **négligeables** si :

- La mesure n'a pas pour effet une création ou une destruction d'emploi, ou si **la création ou destruction d'emploi concerne très peu d'emplois** (activité stable au court de la transformation)
- On suppose que **les emplois créés par la mesure vont être pourvus par des travailleurs du même secteur**, dont les activités vont simplement être réorientées au sein de leur secteur. *Ex : la construction de pistes cyclables donne lieu à une charge de travail supplémentaire dans le secteur du BTP, mais on suppose que cela est compensé par l'abandon d'autres projets de construction. Dans ce cas, justifier la possibilité du transfert intra-sectoriel en renseignant :*
 - 1- Les transferts d'emploi intra-sectoriels envisagés (*Ex : les constructeurs de voirie vont construire des pistes cyclables au lieu de construire des routes*)
 - 2- Les ordres de grandeur associés (*Qu'est-ce qui nous permet de penser que la diminution de construction de route et l'augmentation de construction de pistes cyclables se compenseront ?*)

Dans le cas contraire, l'impact est considéré **significatif** et la méthode proposée ci-dessous doit permettre de quantifier au mieux l'impact net sur l'emploi.

2- Quantifier les créations et destructions d'emploi

⇒ *Note : uniquement si l'effet sur le nombre d'emplois est significatif.*

a. La logique retenue

L'objectif est de quantifier les effets sur l'emploi :

- Pendant le pic de transformation
- Après la transformation (vision long terme stabilisée fictive de l'économie)

Pour cela il faut d'abord identifier le type de dynamique de l'activité dans le cadre de cette transformation, soit :

- Une dynamique dite « de transformation » : forte augmentation de l'emploi pendant la transformation, qui se stabilise à un état intermédiaire après la transformation
- Une dynamique « de demain » : augmentation de l'emploi pendant la transformation, pour se stabiliser à un état élevé après la transformation
- Une dynamique « d'hier » : diminution de l'emploi pendant la transformation, pour se stabiliser à un état faible après la transformation. Ne pas négliger ces secteurs, et bien préciser les mesures qui mèneraient aux destructions d'emplois anticipées.

⇒ *Cf. explication détaillée et illustrée de ces dynamiques ci-dessous (4-)*

Le périmètre retenu est celui des emplois directement créés par la mesure. Pour les effets indirects sur l'emploi, dans d'autres activités de la même filière, deux possibilités existent :

- En cas d'effets indirects dans une autre branche du même secteur ou dans un autre secteur du Plan, ces effets sont comptabilisés de manière à assurer qu'il n'y a ni double-comptage ni oubli.
- Lorsque des effets indirects existent en dehors d'interactions avec un secteur du Plan, cela est documenté et précisé explicitement dans la note sectorielle concernée.

b. Méthodes de quantification

Essayez autant que possible d'adopter une vision **bottom-up**, physique, à partir des mesures : essayez de quantifier le **volume d'activité** nécessaire à la réalisation d'une mesure (calculé en équivalent temps plein sur une année, ou ETP : 1 ETP sur un an représente la charge de travail que peut réaliser une personne à temps plein sur une année).

Voici **une méthode pour estimer le nombre d'ETP** correspondant à une mesure **lorsque l'on sait estimer le coût** de la mesure, sachant que l'on connaît les effectifs salariés en ETP et le chiffre d'affaires HT pour les secteurs marchands comptabilisés par l'Insee (voir ci-dessous) :

$$\text{Activité en ETP finale liée à une mesure} = \text{Coût annuel estimé de la mesure}^{22} * \\ (\text{Effectifs salariés en ETP du secteur actuellement} / \text{Chiffre d'affaires HT du secteur actuellement})$$

Si vous avez besoin de chiffres sur l'emploi dans votre secteur, vous pouvez utiliser les **bases de données de l'Insee 2016**. Voici un petit guide :

- 1- Pour naviguer facilement dans les données de l'Insee, nous vous conseillons d'utiliser la [structure de la nomenclature NAF](#) pour identifier les codes NAF qui correspondent aux secteurs qui vous intéressent
- 2- Les bases de données sont disponibles dans le dossier partagé :
 - o Les emplois salariés en ETP du secteur marchand (sauf agriculture et services de finance et d'assurance)
 - o Les emplois non-salariés (indépendants), tous secteurs
 - o Les emplois salariés, tous secteurs (en nombre de personnes)

3- Qualifier les évolutions de l'emploi

Il est essentiel, **dans tous les cas** – y compris donc aussi pour les activités pour lesquelles le volume d'emploi n'évolue pas pendant la transformation – de pouvoir **évaluer de manière qualitative** l'évolution des emplois dans cette activité.

Des colonnes spécifiques sont prévues à cet effet dans le fichier de synthèse :

- Evolution du type de métier
- Evolution du niveau de qualification pour ce métier

²² En supposant que le coût hors taxe d'une mesure correspond au chiffres d'affaires hors taxe de cette mesure pour la filière considérée.

- Besoins de formation
- Considérations territoriales. Par exemple, pour les emplois agricoles : ils seront créés surtout en zone rurale ; certaines productions sont concentrées géographiquement donc l'impact sera plus important a priori dans ces régions ; ou au contraire il y aura des phénomènes de déconcentration, raccourcissement de chaînes de valeur entre régions...
- Effets indirects sur l'emploi : création ou destruction d'emploi de manière indirecte dans d'autres activités de la même filière, ou dans d'autres secteurs considérés dans le Plan (à préciser pour permettre au chantier emploi de vérifier l'absence de double-comptage entre secteurs).

4-Approche pour la description quantitative des effets sur l'emploi

La transformation de l'économie mettra en jeu **3 types d'évolutions des activités**, définis en fonction de leur dynamique au cours de la transformation.

a. Les activités de transformation

Les activités de transformation sont celles **qui croissent fortement afin de mettre en place le monde « d'après », et qui décroissent largement après cette mise en place** (voir figure ci-dessous). Autrement dit, elles transforment rapidement notre environnement afin que nos activités deviennent plus sobres, résilientes, etc. Suite à la transformation, la quantité de ces activités décroît car l'environnement est mis en place et ne requiert plus que de l'entretien et un renouvellement lent.

Dans cette catégorie d'activités se trouvent typiquement les activités de mise en place d'infrastructures à longue durée de vie qui permettent de maintenir des modes de vie et des modes de production moins carbonés et plus résilients.

Exemples : mise en place de réseaux cyclables, rénovation thermique des bâtiments, remise à niveau des infrastructures ferroviaires, construction de nouvelles usines, construction de nouveaux réseaux énergétiques...

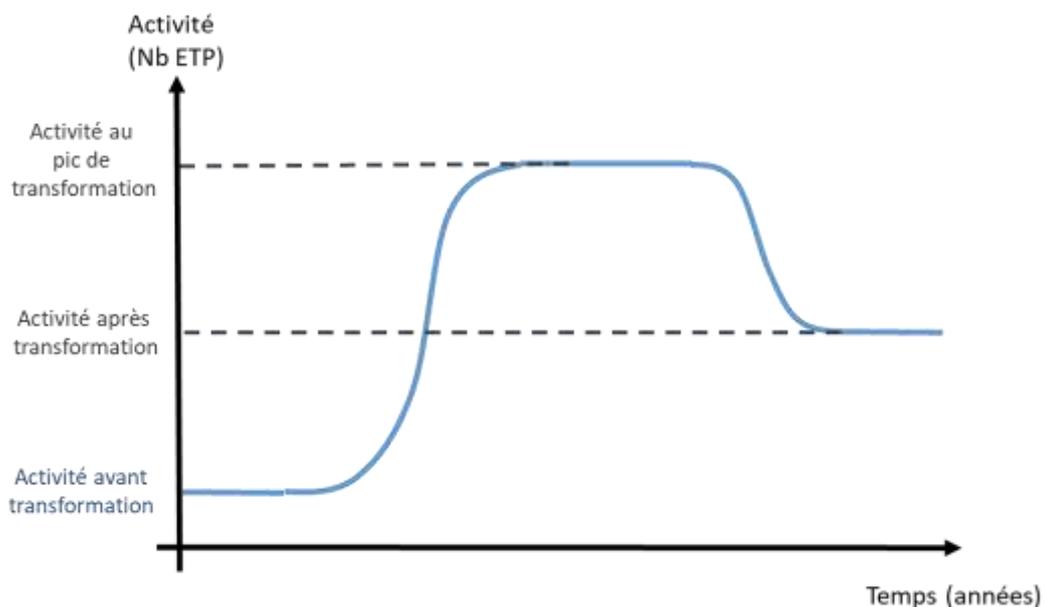


Figure 1 : Dynamique d'une activité de transformation

L'**activité au « pic » de transformation** correspond au nombre d'Équivalents Temps Plein (ETP, soit 220 jours de travail par an) nécessaires pour effectuer le travail lorsque la transformation est la plus intense. Elle se caractérise par un nombre d'ETP, et la durée pendant laquelle ils sont mobilisés.

Exemples : nombre d'ETP pour construire des réseaux cyclables au niveau national, sur 10 ans ; nombre d'ETP pour rénover thermiquement les bâtiments sur 20 ans, etc.

L'**activité après transformation** représente l'activité nécessaire au bon fonctionnement, entretien et renouvellement des constructions mises en place pendant le pic de transformation. Elle se caractérise par un nombre stabilisé d'ETP (à long-terme), qui suppose que les constructions sont entièrement renouvelées en moyenne sur leur durée de vie.

Par exemple, si une piste cyclable a besoin d'être entièrement reconstruite au bout de 50 ans (en plus de son entretien régulier), on supposera que le réseau national se renouvelle de 2% chaque année, afin qu'il soit entièrement renouvelé au bout de 50 ans. L'activité après transformation correspond alors aux activités d'entretien, et au renouvellement de 2% du réseau national chaque année.

b. Les activités de demain

Les activités de demain sont celles **qui vont croître au cours de la transformation, puis se stabiliser après la transformation à leur niveau haut**. Il s'agit des activités qui produisent les biens et services « consommables » de demain, et avec les modes de production de demain. Par consommable, on entend les biens et services qui ont une durée de vie très inférieure à celle des infrastructures (de l'ordre de 15 ans au maximum).

Ainsi, on suppose que tous ces biens et services de demain peuvent encore remplacer les biens et services d'aujourd'hui par une vitesse de remplacement « naturel », s'il s'agit de remplacer des biens et services actuels. Ils peuvent également correspondre à de nouveaux biens en services n'en remplaçant pas d'actuels.

Exemple : production de deux-roues légers électriques ou non, production de voitures électriques peu consommatrices, production alimentaire selon de nouveaux modes de production plus demandeurs de main d'œuvre, exploitation du bois matériaux et bois énergie, etc.

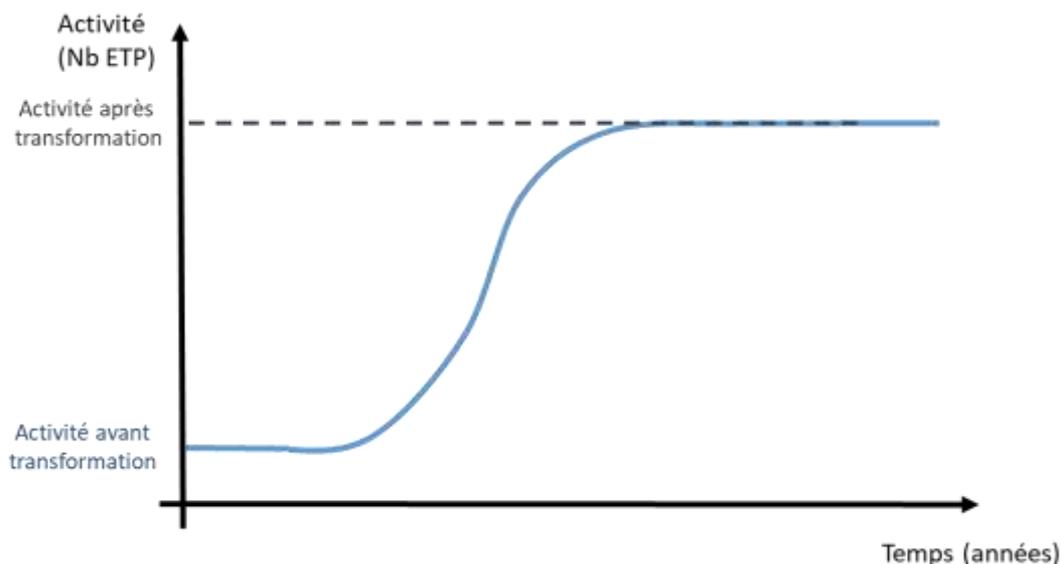


Figure 2 : Dynamique d'une activité de demain

L'activité après transformation correspond au niveau atteint en fin de transformation et qui se maintient sur le temps long.

Par exemple, si les voitures électriques de demain, en fonction de leur technologie et de leur usage, durent en moyenne 15 ans dans le parc de voitures, l'activité après transformation correspond à l'activité nécessaire à la production de l'équivalent d'1/15^{ème} du parc tous les ans.

c. Les activités d'hier

Ces activités sont symétriques aux activités de demain : **elles décroissent au cours de la transformation et se maintiennent à leur niveau bas après la transformation.**

Il s'agit des activités qui produisent des biens et services consommateurs d'énergie fossile.

Exemples : voyages en avion, tourisme international, production d'avions, production de voitures thermiques au pétrole, raffineries...

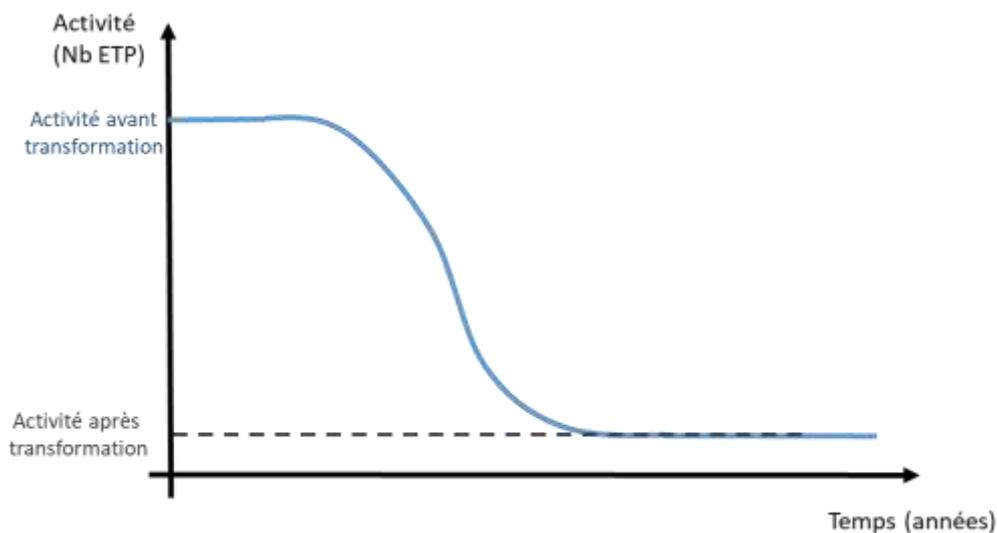


Figure 3 : Dynamique d'une activité d'hier.

L'activité après transformation correspond au niveau atteint en fin de transformation et qui se maintient sur le temps long.

Par exemple, si les voitures thermiques restantes (pour certains usages qui en requièrent), en fonction de leur technologie et de leur usage, durent en moyenne 15 ans dans le parc de voitures, l'activité après transformation correspond à l'activité nécessaire à la production de l'équivalent d'1/15^{ème} du parc tous les ans.

d. Les activités stables

Un certain nombre d'activités **resteront largement stables, en nombre d'heures, au cours de la transformation de l'économie.** Dans ce cas on considèrera que le nombre d'ETP en fin de transformation est le même qu'au début de la transformation, modulo la démographie par exemple.

Exemple : restauration, services à la personne, etc.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Finance

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le chantier Finance dans le PTEF

Périmètre du chantier finance

- L'atteinte des objectifs du PTEF requerra la mobilisation de financements adéquats. Ces besoins de financement doivent être déterminés par les besoins spécifiques quantifiés par les secteurs du Plan, que ce chantier couvre donc tous.
- La problématique est ensuite de trouver des sources de financement suffisantes pour ces besoins. On couvrira donc tous les aspects du secteur financier qui pourront être sollicités pour la réalisation de la transition énergétique.

Objectifs du chantier finance

- Le premier objectif du chantier est ainsi d'analyser, dans un premier temps pour chacun des secteurs du PTEF, les montants, l'échelonnement et les types de financement nécessaires à la réalisation des différentes mesures sectorielles. Cela permettra dans un deuxième temps de construire une vision globale des besoins de financement pour réaliser le PTEF.
- Le deuxième objectif est de présenter des pistes de financement adéquats, et de proposer des mécanismes pour les mobiliser effectivement pour les besoins identifiés.

Organisation pour le PTEF du chantier finance. interactions avec les autres équipes

- Le chantier a été mené par une petite équipe de spécialistes en finance : l'un plus spécialisé dans l'analyse des mécanismes du système financier, y compris pour le financement de la transition écologique ; l'autre dans le financement de politiques industrielles.
- L'interaction avec les autres équipes a consisté en un lancement global pendant lequel la méthodologie de sollicitation des besoins sectoriels a été expliquée. Le chiffrage des besoins sectoriels n'avait cependant pu être conduit au moment de présenter ce point d'avancement.
- Le travail a été appuyé par des recherches bibliographiques et des vues d'expert pour l'analyse des pistes de financement.

II- Premières indications sur les besoins de financement du PTEF

Méthode utilisée. et justification du choix de méthode

- Méthode :
 - Le chantier a partagé un onglet Excel structuré pour recueillir les informations par secteur, permettant notamment de spécifier par objectif les besoins de financement au « pic » de la transition et dans la situation « stabilisée » à son terme, et de qualifier le type d'investissement (infrastructures, appareil de production, financement de formations...).
 - Une classification des investissements par l'équipe finance doit ensuite permettre un recoupement global, qui assurera aussi la cohérence globale, en prenant en compte les réallocations éventuelles.
- Justification :

- Une approche *bottom-up* était nécessaire car les types et caractéristiques de financement doivent être adaptés aux besoins spécifiques du secteur pour être réalisés.
- Lancer un chiffre *top-down* trop global (type Green Deal) ne permet ni prise de conscience concrète ni mise en œuvre ou mobilisation efficace des financements.

Description synthétique des grands résultats

- Comme indiqué ci-dessus, cette section sera développée ultérieurement, en cohérence avec les phases prévues pour le développement du PTEF (voir note chapeau).

III- Contraintes et pistes pour un financement adéquat du PTEF

1- Méthode utilisée, et justification du choix de méthode

- En 2020, dans le cadre la crise du Covid-19, l'État – en s'appuyant sur les banques centrales – s'est substitué partout au marché, avec des politiques non conventionnelles pourtant jugées inacceptables auparavant. Dans ce contexte d'urgence, il est cependant impératif que l'État supplée également aux défaillances du marché dans la gestion du risque climatique, identifié depuis 30 ans par le GIEC, à la fois en tant que risque physique et comme risque de transition du système socio-économique mondial.
- Il faut pour cela dépasser les discours de pure forme, et identifier concrètement comment l'État peut faciliter le rapprochement des acteurs finaux du chantier de la transition des sources de financement du système économique.
- Nous définissons ainsi pour notre analyse :
 - 5 types d'acteurs qui auront besoin de financement pour la mise en œuvre du PTEF : l'État, les collectivités locales, les TPE/PME, les grandes entreprises et les particuliers.
 - 3 sources principales de financement : l'épargne qui est majoritairement investie par le biais des marchés financiers, la planche à billets des banques de dépôts (crédit bancaire) et la planche à billets de la Banque Centrale Européenne (BCE).
- Nous analysons ensuite pour chaque acteur les contraintes de financement actuelles vis-à-vis de ces sources de financement, et en déduisons à partir d'analyses bibliographiques et de la mobilisation d'expertise sectorielle la définition de propositions pour remédier à ces contraintes.

2- Description synthétique des grands résultats : les mécanismes possibles

a. Le financement de l'État

Contexte

Il existe deux limites principales aux investissements que pourrait proposer l'État français :

- La première est idéologique. Aujourd'hui encore, l'idéologie économique dominante des décideurs politiques est d'avoir confiance uniquement dans le marché et dans la concurrence. Les dépenses d'investissement visant au développement d'un tissu industriel ou à l'émergence d'une véritable transformation des modes de vie et de production sont perçues comme la prérogative des entreprises privées. Il n'existe pas de politique industrielle aux échelles nationales et européennes parce que les élus et fonctionnaires qui font vivre les institutions publiques se conçoivent essentiellement comme les représentants d'entités qui doivent permettre le commerce et organiser ses règles, mais qui ne doivent en aucun cas devenir elles-mêmes commerçantes.
- La seconde est technique. C'est le respect des règles budgétaires européennes qui limitent les déficits publics et les niveaux d'endettement.

Solutions

Le premier levier d'action consiste en un débat d'idées qui doit faire ré-émerger l'État comme un acteur légitime et même essentiel de la sphère commerciale, comme il l'a été dans les plus grandes réussites de développement dans le monde¹.

⇒ *Financement par la dette publique :*

- Le principal blocage technique se trouve dans les critères de convergences du traité de Maastricht : le déficit public annuel ne doit pas excéder 3 % du produit intérieur brut (PIB), et la dette publique (de l'État et des agences publiques) 60 % du PIB. Même s'il ne s'agit pas d'une règle inviolable en pratique, notamment sur le court terme – de nombreux États membres ont dépassé ces ratios, et certains les dépassent toujours – il n'en demeure pas moins que la norme est de tout faire pour respecter ces critères. Ils représentent un frein substantiel aux investissements publics dans tous les domaines et donc aussi dans celui de la transition énergétique.
- Il est cependant tout à fait possible d'interpréter la règle de manière à faire valoir les investissements pour la transition énergétique comme exempts des calculs de ces ratios. C'est d'ailleurs en partie cette possibilité d'exemption qui permet aux États européens de faire face à l'urgence budgétaire liée à la crise du covid-19.
- Il est également possible de faire annuler les dettes publiques détenues par les banques centrales. Aujourd'hui 18 % de l'ensemble de la dette des administrations publiques françaises est détenu par la Banque de France (BdF). L'État français doit donc rembourser une entité qui lui appartient. Si la Banque de France annulait cette dette, sans aucune conséquence pour son fonctionnement car une banque centrale peut fonctionner en capitaux négatifs (elle est immunisée contre la faillite), le ratio de

¹ L'exemple le plus probant pour la France étant certainement le rôle capital du Commissariat Général au Plan dans la France d'après-guerre. On peut citer de nombreux autres exemples significatifs, notamment en Asie où le Japon puis les « Tigres Asiatiques » ont effectué un bond en PIB par habitant porté par des politiques extrêmement proactives de l'État – ainsi le Japon est-il passé de 11 % du PIB/habitant des États-Unis après-guerre à environ 70 % aujourd'hui.

dette/PIB de la France passerait de 106 % à 86 %. Une diminution appréciable pour faire naître une volonté politique d'investissement industriel.

- De plus, les marchés financiers sont sensibles aux ratios d'endettement des États qu'ils financent. Plus ceux-ci sont bas, plus le financement sur les marchés est facile à obtenir.
- Les ratios d'endettement sont également surveillés de près par les agences de notation (Standard & Poor's et Moody's). Plus ils sont bas, plus les chances sont grandes pour les États de conserver de bonnes notes de crédit qui leur assurent un accès peu contraint et à faible coût aux marchés de capitaux.

⇒ **Financement par l'impôt :**

- Étant donné que le déclenchement du mouvement des « gilets jaunes » a fait suite à l'annonce d'une hausse de la taxe carbone, le financement d'un chantier de décarbonation de l'économie par le biais d'un impôt sur les particuliers semble difficile à concevoir. Cela dit, il ne faut pas oublier que ce qui a été dénoncé durant le mouvement des gilets jaunes était – entre autres – un problème d'inégalité. La taxe carbone pèse sur tous, y compris ceux qui n'ont pas les moyens de la payer ou de la contourner. Dans un contexte d'investissements publics visant à proposer aux ménages des alternatives à l'utilisation de leur véhicule thermique, une hausse de la taxe carbone n'aurait peut-être pas mis le feu aux poudres.
- En plus de représenter une source de financement significative, la fiscalité peut être un excellent moyen de flécher les usages et d'orienter les comportements. On peut penser à moduler les impôts fonciers en fonction des performances climatiques des bâtiments et des objectifs de réduction de l'étalement urbain et d'augmentation de l'attractivité des centres-bourgs. On peut également favoriser, via les indemnités kilométriques, les véhicules légers et sobres. Enfin le transport aérien, vu comme réservé aux plus aisés et très dense en émissions, pourrait être taxé de la même manière que les autres moyens de transport.
- La Taxe sur les Transactions Financières (TTF) françaises – fixée à 0,3 % – rapporte 1 milliard d'euros par an dont la moitié est affectée au budget de l'État Français. Or, le volume d'actions d'entreprises françaises échangé en 2019 sur les deux principales plateformes boursières européennes (EURONEXT et BATS) est de l'ordre de 2 000 milliards d'euros. Cela signifie que le montant effectif de la TTF, parce que de nombreuses transactions sont exclues, est de 0,05 % seulement. En incluant toutes les transactions et en maintenant un taux de 0,3 %, cette taxe devrait rapporter 6 milliards d'euros. De plus, en élargissant la base de taxation aux autres produits financiers (obligations, ETF, produits structurés) la TTF pourrait rapporter encore 6 milliards d'euros de plus. Enfin, une taxe européenne visant les flux financiers du marché des changes (Forex) permettant d'échanger des euros contre d'autres devises, posséderait une base fiscale de l'ordre de 2 000 milliards d'euros par jour.² Une taxe de 0,01 % seulement rapporterait aux pays européens un total d'environ 73 milliards d'euros par an.
- L'optimisation fiscale des entreprises fait perdre à l'État français entre 20 et 80 milliards d'euros par an selon les sources. Le mécanisme le plus utilisé par les entreprises multinationales consiste à faire payer par une filiale A implantée en France des royalties très élevés pour l'utilisation d'une marque appartenant à une filiale B enregistrée par exemple en Irlande. Par ce biais, les bénéfices de A sont transférés vers B et les impôts sont payés à un taux de 12,5 % en Irlande plutôt qu'à celui de 25 % en France. Cela dit,

² <https://www.bis.org/statistics/rpfx19.htm>

la base fiscale de l'impôt sur les bénéfices des multinationales pourrait être calculée – plutôt que sur une simple déclaration de bénéfices qui laisse place à l'inventivité comptable – sur des marqueurs plus tangibles comme par exemple : les sommes investies, le nombre d'employés ou le chiffre d'affaires réalisé sur le territoire national. Réformer le mode de calcul de l'impôt sur les sociétés pourrait donc participer à financer un plan de transition énergétique.

b. Le financement des collectivités locales

Contexte

Les collectivités locales : le principal frein à l'investissement des collectivités repose sur la contrainte d'excédent budgétaire. Contrairement à l'État, les collectivités doivent dégager un excédent budgétaire suffisant pour assurer le remboursement des emprunts nécessaires aux projets qu'elles souhaitent mettre en place. Le chantier doit donc proposer des méthodes pour contourner cette contrainte là où les excédents sont insuffisants.

Solution

Deux méthodes permettent de contourner le problème de la nécessité d'excédent budgétaire qui peut empêcher certaines collectivités d'investir dans le chantier de la transition :

- L'État peut faire sauter cette contrainte dans le cadre d'investissements considérés comme relevant du chantier de la transition (ce qui pourrait aller de pair avec un allègement des ratios de déficit et d'endettement des administrations publiques au niveau européen).
- On peut également noter qu'une modification de la fiscalité, notamment des impôts fonciers en fonction de la performance thermique des bâtiments, pourrait permettre de dégager des marges budgétaires permettant l'investissement.
 - Alternativement, l'État peut mettre en place des transferts vers les collectivités qui ne disposent pas de l'excédent budgétaire suffisant pour s'endetter.

c. Le financement des entreprises

Contexte

Les entreprises : la contrainte de rentabilité reste leur principal outil de pilotage aujourd'hui, et les empêche de prendre en compte leur intérêt partagé de maintenir un monde qui ne dépasse pas un réchauffement de +2°C par rapport à l'ère pré-industrielle. C'est également le critère de rentabilité – étroitement lié à celui de risque – qui guide la main des banques et organismes financiers qui ont les moyens de financer les entreprises pour leurs investissements. Le chantier de la transition doit proposer des moyens pour que les investissements nécessaires à la transition énergétique soient perçus comme rentables et peu risqués.

Solution

- L'adhésion des entreprises à un chantier de décarbonation de l'économie française ne peut venir que d'un mélange de contraintes réglementaires et d'assurance de rentabilité. L'État français doit définir les grandes lignes d'un chantier que les entreprises doivent interpréter comme inévitable et garanti. Cette assurance peut passer par de nouvelles normes et régulation qui forcent les entreprises à revoir les biens et les services qu'elles proposent. Mais cette assurance doit aussi passer par l'ampleur de l'investissement public mobilisé.
- Le financement des grandes entreprises n'est pas nécessairement un sujet puisque, pour l'instant tout du moins, elles ont accès à des marchés financiers ultra-liquides susceptibles d'ouvrir les vannes s'ils constatent que la puissance publique mène la danse.

- Le financement des TPE/PME est davantage un sujet, car elles n'ont pas accès aux marchés et doivent passer par les banques. Il convient d'inciter les banques à réaliser des prêts auprès des TPE/PME dans le cadre du chantier de la transition. Une « carotte » pourrait être d'imposer à ces banques, sous certaines conditions (notamment environnementales), des ratios prudentiels allégés (l'argent qu'elle doivent mettre de côté de manière réglementaire pour se prévenir contre le risque de défaut, en fonction du niveau et de la nature du prêt consenti) pour permettre un plus grand « effet de levier » et donc, une meilleure rentabilité.
- A l'inverse, l'ONG Finance Watch propose dans son rapport *Breaking the climate-finance doom loop* un « bâton » qui dissuaderait les banques d'investir dans le domaine des énergies carbonées. Il s'agit d'utiliser l'article 459 du CRR (Capital Requirement Regulation) qui matérialise les accords de Bâle III pour associer des facteurs de risques élevés (150 %) voire très élevés (1250 %) à n'importe quel financement bancaire dirigé vers l'exploitation ou le développement d'énergies fossiles. Cette mesure a l'intérêt d'être immédiatement applicable car conforme au cadre juridique actuel.

d. Le financement des particuliers

Contexte

Les particuliers : le critère de rentabilité est moins important pour les particuliers que pour les entreprises. La promesse d'économies dans les budgets n'est probablement pas un critère suffisant pour provoquer les changements attendus des ménages même si le volet financier, en témoigne le déclenchement du mouvement des gilets jaunes, demeure important.

Cependant, il semble que les concepts d'égalité et de justice sociale sont absolument fondamentaux aux yeux de la population française. Le chantier de la transition doit s'attacher à demander des efforts à toute la population en fonction de ses moyens. Les ménages les moins aisés doivent bénéficier de davantage de supports financiers et doivent constater que les ménages les plus aisés sont eux aussi, au moins autant voire davantage, contraints à transformer leur mode de vie.

Solution

On peut penser au crédit d'impôt pour les ménages les moins aisés ou à différentes primes qui permettraient de réduire le coût des équipements nécessaires à la transition énergétique (pompe à chaleur, vélo électrique, fenêtre triple vitrage, isolation de la façade...). Ce volet d'aide financière visant les ménages les moins aisés est nécessaire (mais pas suffisant) pour que le chantier de la transition soit juste et équitable.

e. Autres mécanismes et questionnements

L'épargne disponible sur les marchés

- La question de la présence d'une épargne suffisante pour financer le chantier, qu'il s'agisse des investissements publics (État et collectivités) ou des grandes entreprises, apparaît pour l'heure très secondaire. En effet, en plus de l'épargne, les marchés financiers disposent de deux « planches à billets » qui les alimentent en permanence. Il s'agit bien sûr de celle de la BCE (on pense entre autres à sa politique d'assouplissement quantitatif ininterrompue depuis 2015) et de celle des banques de dépôt qui créent de la monnaie à chaque fois qu'elles achètent des produits financiers.
- Cependant, il est tout à fait possible d'essayer de favoriser l'emploi d'une monnaie déjà créée. La Fondation Nicolas Hulot en association avec le *Shift Project* ont présenté en 2019 le projet IN GLOBO qui propose une réforme de l'épargne française visant à orienter massivement vers la Transition Énergétique et Écologique (TEE) une partie des 1200 milliards de l'assurance vie individuelle. Il s'agit d'un nouveau contrat dit IN GLOBO,

illiquide pendant une durée de 10 ans, à versement unique, proposant une possibilité de transfert depuis d'autres contrats sans perte d'avantages fiscaux, dont le capital initial est garanti à 100 % par l'État.

La Banque Centrale Européenne

- De par son action monétaire pensée comme devant être « neutre », la BCE a interdiction de financer les États européens en direct. Elle a également interdiction de financer certains secteurs ou types de projets plutôt que d'autres (seule la concurrence et le marché auraient une véritable légitimité à décider des projets à financer).
- Cette neutralité de la BCE empêche la population européenne de bénéficier de la méthode de financement la plus efficace qui soit. En effet, la BCE ne peut pas faire faillite et n'a pas besoin d'être rentable. Cela signifie qu'elle pourrait, plutôt que d'injecter aveuglément des liquidités dans toutes les directions, prendre à son compte une partie du financement du chantier de la transition.

Les banques de dépôt

- La première manière de mobiliser la « planche à billets » des banques de dépôt est, comme évoqué plus haut, de réduire la possibilité d'effet de levier pour tous les financements de projets « bruns » tout en la rehaussant pour les projets « verts ».
- Une deuxième serait que l'État peut mettre en place une réglementation qui fixe des seuils de financement de projets « bruns » et « verts » à laquelle les banques doivent se soumettre.

IV- Premières implications

Que nous apprennent ces résultats sur l'économie de demain comparée à l'actuelle ?

- En attendant le chiffrage des besoins sectoriels, on peut déjà noter qu'il est possible d'imaginer une économie de demain bien plus capable d'évaluer les risques à venir et d'appuyer des projets cohérents avec un destin climatique soutenable.
- Un entrepreneur se sentirait ainsi fortement encouragé à prendre des risques dans des activités à impact climatique positif.



DOCUMENT DE TRAVAIL

Résilience, Impacts et Macroéconomie

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Objectifs du chantier Résilience, Impacts et Macroéconomie pour le PTEF

1- Périmètre du chantier

- Le Plan de Transformation de l'Économie Française (PTEF) propose une transformation de nos activités essentielles (se nourrir, se loger, se déplacer, se soigner, travailler, comprendre, échanger), afin de les rendre saines et robustes pour les temps de crise économique et écologique dans lesquels nous entrons.
- Le chantier Macroéconomie, Impacts et Résilience couvre tous les secteurs du PTEF et leurs interactions, du point de vue :
 - des implications macroéconomiques de cette transformation,
 - des impacts sociaux et environnementaux,
 - de l'évolution de la robustesse du système global face aux risques majeurs considérés.

2- Objectifs du chantier

- L'objectif global du chantier à ce stade d'avancement du PTEF, c'est-à-dire la présentation d'une vision de la société transformée en 2050, est de définir un premier cadre d'évaluation sur les trois axes présentés ci-dessus, ainsi que de premiers résultats d'évaluation, essentiellement qualitatifs. Ce cadre sera affiné au cours des prochaines phases du plan, l'objectif final étant de proposer à terme, lorsque les mesures de mise en oeuvre du PTEF seront définies pour chaque secteur, un série d'indicateurs objectifs.
- Un premier objectif spécifique est d'évaluer l'évolution économique de chaque secteur productif du Plan, et d'en tirer des enseignements sur l'économie prise dans son ensemble. Cette approche « bottom-up » rompt ainsi avec les approches macroéconomiques classiques, reposant souvent (plus ou moins implicitement) sur le pari périlleux et incertain d'une croissance généralisée et immuable.
- Le deuxième objectif majeur est de fournir des indications plus larges des impacts socio-économiques et environnementaux du Plan. Ce travail est d'autant plus nécessaire dans un contexte où exigence environnementale d'une part, et urgence sociale et économique d'autre part, sont souvent opposées dans les débats politiques. Or, un système économique plus sobre n'a pas à être un système demandant aux moins favorisés, qui en moyenne polluent moins, de se serrer plus encore la ceinture¹. L'intention de ce chantier est donc de rendre compte au niveau national et territorial, et par catégorie de population, des grandes évolutions dans les modes de vie et du bien-être.
- Enfin le dernier objectif du chantier est de montrer si, comment, et dans quelle ampleur le PTEF contribue effectivement à une amélioration de la résilience de l'économie française selon les quatre priorités considérées : le changement climatique ; le risque sanitaire ; le risque de troubles dans d'autres pays perturbant notamment les chaînes de production ; enfin le risque d'approvisionnement en énergies fossiles.

¹ <https://blogs.alternatives-economiques.fr/gadrey/2018/11/20/en-france-les-tres-riches-emettent-40-fois-plus-de-carbone-que-les-pauvres-mais-les-pauvres-paient-plus-de-4-fois-plus-de-taxe-carbone-en-de-leurs-revenus>

II- Démarche du chantier

1- Méthode utilisée, et justification du choix de méthode

Impacts macroéconomiques du Plan :

Il s'agit d'essayer d'estimer la variation de *niveau* de production de richesses servicielles et matérielles par rapport à l'économie actuelle, d'abord qualitativement (à ce stade) puis quantitativement (à terme).

- La référence d'évaluation sera autant que possible le produit intérieur brut (PIB). Le PIB reste en effet l'indicateur le plus utilisé pour l'évaluation de ces richesses, et constitue donc un premier élément de comparaison « universel » (à ce jour), malgré ses nombreux défauts – notamment le fait qu'il ne permette pas de prendre en compte la dégradation de notre environnement physique lié à nos activités.² Le PIB peut être décomposé de plusieurs manières, par la demande, la production ou les revenus, selon les principales grandeurs macroéconomiques : consommation, investissement, rémunération des salariés, valeur ajoutée...
- Cette évaluation se fera de manière « bottom-up » à partir des seuls secteurs considérés par le plan, comme indiqué en introduction. Il ne pourra donc s'agir d'une évaluation de la variation du PIB de la totalité de l'économie française. *A fortiori* cette évaluation ne se fera pas à partir d'un modèle dit « d'équilibre général », modèle mathématique censé prendre en compte tous les effets indirects, induits et les boucles de rétroactions entre un secteur et tous les autres. De tels modèles sont controversés, surtout à cette échéance et pour une transformation aussi substantielle que celle prévue. De tels modèles se montrent aussi peu lisibles pour les non spécialistes, et donc peu pratiques pour discuter plus largement de leurs hypothèses, de leurs résultats, comme des mesures concrètes de politique publique qui les sous-tendent³.
- Il s'agira de donner des ordres de grandeur des variations des agrégats macroéconomiques ci-dessus que l'on pourra estimer, une fois les mesures sectorielles définies et chiffrées, et à partir des hypothèses retenues (de prix notamment). Cette évaluation en ordre de grandeur se justifie compte tenu de l'échéance lointaine et des nombreuses incertitudes liées (changements de préférences, modes de vie et dynamiques internationales notamment).

D'autres grandeurs macroéconomiques seront appréciées de manière qualitative pour chaque mesure, pour donner des indications sur la *dynamique* économique sectorielle créée globalement :

- La mesure vise-t-elle à produire des effets sectoriels, nationaux, européens, mondiaux ?
- Son canal de mise en œuvre est-il budgétaire, structurel, organisationnel ?
- Passe-t-elle par un financement de la consommation ou de l'investissement productif ?

² INSEE, « Deux après le rapport Stiglitz-Sen-Fitoussi », <https://www.insee.fr/fr/information/2550927>.

³ Ainsi le document de Programmation Pluriannuelle de L'Énergie (PPE) 2019-2023 et 2024-2028 en cours de mise à jour se fonde sur un modèle à 14 000 équations et 70 000 paramètres. Cela pour des prévisions à moins de 10 ans, en faisant de nombreuses simplifications et hypothèses "optimales", et en ne prenant pas en compte les effets du changement climatique. Il suppose aussi un engagement simultané des autres pays à la neutralité carbone 2050, rendant encore plus difficile l'évaluation des leviers nationaux.

- A-t-elle un effet sur le pouvoir d'achat, les inégalités ? Impacte-t-elle les finances publiques ? Impacte-t-elle la productivité ?

Dans ce contexte, le chantier a préparé un premier cadre structuré de récolte de données économiques auprès des secteurs, qui sera élaboré au fil du développement du Plan.

- Ce premier cadre reprend les éléments qualitatifs pouvant être déduits des objectifs sectoriels à ce stade, en tenant compte également de l'existence de chantiers spécifiques sur les questions d'emploi et de finance. Ces éléments sont : les effets territoriaux, l'impact sur les revenus dans le secteur, et les dynamiques de compétitivité et d'innovation.
- Ces informations ont été récoltées via des onglets Excel et appuyées d'entretiens avec les spécialistes sectoriels autant que possible.
- Elles ont ensuite été agrégées pour en tirer de premiers enseignements macroéconomiques.

Impacts socio-économiques et environnementaux :

Du fait de l'impossibilité d'être exhaustif sur les paramètres « non économiques » du bien-être, le chantier a choisi une approche sélective sur des dimensions jugées clés, selon deux critères principaux : ces dimensions sont reconnues dans la littérature (abondante) sur les mesures alternatives du bien-être ; elles sont susceptibles d'être impactées directement et de manière significative par le Plan.

Ainsi des dimensions significatives non valorisées dans le PIB ont été retenues. Certaines sont objectives (qualité de l'air, biodiversité⁴), d'autres plus subjectives par nature (cohésion sociale) – quoique nous tenterons d'objectiver ces dernières à terme, par exemple avec des mesures objectives du niveau d'inégalité. Enfin les changements de mode de vie induits ont aussi été analysés, notamment pour les populations considérées les plus fragiles, sur lesquelles les secteurs ont été invités à se prononcer dans le cadre de leurs objectifs.

L'onglet « économique » soumis aux équipes sectorielles a ainsi été complété par ces dimensions. Les informations récoltées ont ensuite été recoupées avec les travaux des secteurs emploi et urbanisme, notamment sur les aspects territoriaux, et le contenu substantif des objectifs sectoriels eux-mêmes, permettant de :

- Décrire qualitativement les impacts socio-économiques du plan. Ces impacts ont été différenciés autant que possible par catégorie sociale et territoriale, notamment pour qualifier le niveau du « plancher social » permis par le plan - pour reprendre les termes de l'approche bien-être théorisée par Kate Raworth.⁵
- De donner, à partir de certains objectifs sectoriels chiffrés et de modèles reconnus, des éléments de valorisation quantitative sur certains de ces impacts, notamment en termes de santé. Les boucles de rétroaction entre impacts environnementaux et socio-économiques sont d'ailleurs nombreuses. L'analyse, prudente à ce stade, pourrait être

⁴ Alain Grandjean, « Détruire la nature, c'est bon pour le PIB ? », <https://alaingrandjean.fr/2018/06/27/detruire-nature-cest-pib/>.

⁵ Le cadre d'analyse de l'économiste Kate Raworth rend compte de l'articulation entre impacts environnementaux et impacts sociaux. Sa représentation en "donut" de l'économie fait apparaître l'espace juste et sûr pour l'humanité entre un "plafond environnemental" résultant de la combinaison de 9 limites planétaires (dont le réchauffement climatique et la biodiversité) à ne pas dépasser pour maintenir le système-terre⁶, et un "plancher social" suffisant pour assurer de bonnes conditions de vies pour tous, notamment les catégories sociales les plus fragiles.⁷ Ce plancher social est constitué de facteurs environnementaux - le bien-être physique et l'état de santé liés à la qualité de l'environnement et à la disponibilité d'eau, d'aliments et d'énergie ; des facteurs socio-économiques tels que le revenu, l'emploi, le logement et l'éducation, et des facteurs sociétaux comme l'égalité homme/femme, la participation politique, le lien social, le niveau d'inégalités, la satisfaction.

plus détaillée à l'avenir pour montrer toute l'ampleur de ces impacts, mais également étendue à d'autres éléments comme la biodiversité.

Dans une dernière partie de cette note, une image plus subjective de l'effet « bien-être » du Plan est extrapolée des résultats précédents. Il s'agit surtout de présenter un outil créé par l'OCDE, le *Better Life Index*⁶, afin de tester sa pertinence comme complément des autres types d'évaluation présentés ici.

Impacts sur la résilience :

La crise du COVID-19 a montré l'importance et la valeur de cette résilience, vue comme la capacité d'un système, d'une collectivité ou d'une société exposés à des chocs de résister à ses effets, de s'y adapter et de s'en remettre rapidement et efficacement⁷.

L'élaboration de ce dernier narratif « résilience » complète ainsi le narratif « impacts » pour rendre plus fidèlement l'image des conditions de vie réelles, prenant en compte l'amélioration de la stabilité de ces conditions par rapport à une situation sans transformation. Il mettra en exergue les territoires et populations particulièrement vulnérables.

De même que ci-dessus, il a été demandé aux équipes sectorielles de décrire et d'expliquer les principaux facteurs et mécanismes de fragilité de leur secteur vis-à-vis des quatre grands risques considérés, et comment le Plan impactait ces facteurs et mécanismes :

- **Changement climatique (adaptation) :** Les rapports du GIEC, les évolutions climatiques dans la dernière décennie laissent entrevoir la multiplication des aléas climatiques⁸. Le secteur est-il protégé contre des variations climatiques extrêmes et plus fréquentes (précipitations extrêmes et tempêtes, canicules, sécheresses) dues au changement climatique ?
- **Crises sanitaires :** L'effondrement de la biodiversité et la fonte du pergélisol augmentent le risque de voir les crises sanitaires succéder⁹. Comment le secteur fait-il face à un confinement généralisé, à une diminution du nombre de travailleurs, à une surcharge du système de santé, à la suspension de certains services ?
- **Troubles dans d'autres pays :** Comme cela a été illustré par la crise du COVID-19, certains de nos usages vitaux à court terme sont dépendants de la situation productive dans d'autres pays. Ainsi, le manque de masques de protection sanitaire dans les premières semaines de l'épidémie en France a pu être expliqué par une grande dépendance à court terme de la production de ces masques par la Chine, elle-même foyer du virus et donc devenue en quelques semaines grande auto consommatrice de masques. Nous examinerons plus généralement, secteur par secteur, l'exposition et la réaction possible à une rupture de chaînes de valeur ou d'approvisionnement depuis des pays étrangers, du fait de troubles dans ces pays.

⁶ Le Better Life Index est un ensemble d'indicateurs subjectifs créés par l'OCDE pour traduire l'évolution de la qualité de vie et les progrès des sociétés au delà de la mesure du PIB. Chaque individu interrogé doit évaluer son bien-être sur une échelle selon 12 dimensions: Logement, Revenu, Emploi, Liens sociaux, Education, Environnement, Engagement civique, Santé, Satisfaction, Sécurité et Equilibre travail-vie. Sans être exhaustive, cette approche a le mérite de balayer beaucoup de notions admises comme contribuant au bien-être de la population à un niveau agrégé. A l'inverse, toutes les dimensions de l'indicateur ne sont pas nécessairement pertinentes relativement au Plan (par exemple les aspects sécurité et engagement civique, non directement traités).

⁷ Définition adaptée librement après recherches bibliographiques pour correspondre au mieux à l'esprit du Plan. On a notamment considéré la définition du site Youmatter: <https://youmatter.world/fr/definition/resilience-definition/>

⁸ [Rapport d'information du Sénat sur la gestion des risques climatiques et l'évolution de nos régimes d'indemnisation juillet 2019](#)

⁹ Sur la multiplication des zoonoses : Kate E. Jones, Nikkita G. Patel, Marc A. Levy, Adam Storeygard, Deborah Balk, John L. Gittleman, Peter Daszak, « Global trends in emerging infectious diseases », Nature, vol. 451, pp. 990-993 (2008); issu de la note « [Crise Sanitaire et crise écologique](#) » de Thierry Pech pour Terra Nova, mars 2020

- **Dépendance aux énergies fossiles** : Le dernier rapport du *Shift Project*¹⁰ prévoit des difficultés d'approvisionnement en pétrole dès 2030 pour l'UE. Le secteur peut-il résister à une raréfaction de l'énergie fossile - à la hausse de son prix ou à son rationnement ?

Pour chaque facteur, il a été demandé aux secteurs d'apprécier qualitativement l'intensité de perturbation du secteur (faible / moyenne / forte), sans puis avec le Plan, et éventuellement les territoires ou populations particulièrement impactés ou stratégiques.

La mise en cohérence de ces données sectorielle a permis de construire une image globale de la l'évolution de la résilience de l'économie française suite au PTEF.

2-Organisation pour le PTEF du chantier, interactions avec les autres équipes

Le chantier, couvrant de nombreuses dimensions transversales du plan, a été mené par une petite équipe dédiée aux profils variés : micro et macro-économiste, chef de projet transformation économique, et spécialiste en impacts sociaux et territoriaux.

Il s'est appuyé sur des recherches bibliographiques mais aussi les expériences de ses membres pour cadrer le travail de remontée, d'agrégation et d'analyse des données, pour pouvoir donner une image la plus complète en fonction des données potentiellement disponibles à ce stade de développement du plan.

Le chantier a d'abord interagi avec toutes les équipes sectorielles pour la présentation des objectifs et de la méthode du chantier, puis a réalisé un suivi spécifique par entretien avec un maximum de secteurs pour les appuyer dans la mobilisation des données.

¹⁰ L'Union européenne risque de subir des contraintes fortes sur les approvisionnements pétroliers d'ici à 2030 – Analyse prospective prudentielle (The Shift Project, 2020)

III- Les grands résultats

1- Impacts macroéconomiques

Productivité

- Il a été difficile de se prononcer à ce stade sur des dynamiques précises. De manière générale, la pression sur la productivité et donc les salaires est *a priori* à la baisse lorsque celle-ci était dépendante de l'utilisation de technologies fondées sur les énergies fossiles, dont l'utilisation diminue fortement suite à la mise en oeuvre du Plan.
- L'amélioration (baisse) de l'intensité énergétique de la production, conjuguée à une réorganisation de cette production et de la distribution des revenus peut cependant compenser cet effet. Ainsi le Plan pour l'agriculture demandera effectivement plus de bras pour maintenir la production globale, mais cela est prévu sur la base d'une légère augmentation des revenus grâce à un positionnement sur la qualité et une meilleure répartition des différents gains attendus entre agriculteurs et intermédiaires. La valeur ajoutée brute de l'agriculture augmente globalement de plus de 40 %. Les hypothèses impliquent également une moindre intensité en capital (machines et bâtiments d'élevage notamment) et en regard une réduction de la dette des agriculteurs.

Pouvoir d'achat

- Les effets sont aussi ambigus et demanderont à être quantifiés autant que possible. Qualitativement, la pression sur les prix est plutôt à la hausse, mais les besoins de consommation pour un même service sont souvent en baisse, et la répartition change.
- Ainsi les voitures électriques qui constituent l'essentiel du parc et continuent à être utilisées principalement en zone peu dense sont plus chères à produire du fait du prix des batteries. Les relocalisations ont en outre tendance à augmenter les coûts de production, qui vont se reporter sur le consommateur final. Cependant, la qualité des produits consommés devrait s'élever et compenser en partie les potentielles pertes de pouvoir d'achat.
- L'alimentation produite de manière agroécologique est également *a priori* plus coûteuse, car plus intense en main-d'œuvre, mais la hausse est maîtrisée par la baisse des charges (notamment en engrais et pesticides) et le rééquilibrage des assiettes.
- La diminution de la consommation en mobilité coûteuse (voiture particulière notamment) sera ainsi à quantifier en regard de la hausse de son coût. Dans le fret, la rapidité devient un luxe, ou réservé aux produits de première nécessité.
- La baisse des factures de chauffage résultant de l'isolation des logements, la sobriété dans les usages de produits high-tech et l'allongement de la durée de vie des produits que permet l'éco-conception généralisée permettent aussi de compenser des hausses de prix.
- Le financement des mesures de transition ne pèsera pas nécessairement sur le pouvoir d'achat des Français. Cela dépendra notamment du mode et de l'architecture de financement choisis, permettant de lisser suffisamment et répartir efficacement le remboursement du capital pour permettre un effet, net des économies générées, potentiellement positif (ce que pourra examiner la fiche dédiée à l'axe finance). On peut cependant estimer ces dépenses en € par Français et par an pour donner une idée concrète de l'ampleur de l'investissement. Ainsi une première estimation des besoins pour développer de nouvelles lignes de train pour la mobilité longue distance est de l'ordre de 100 € par Français et par an pendant 15 ans (hors investissements sur le

réseau Ile-de-France), contre 58 € aujourd’hui. Cette dépense reste modeste au regard des 365 € par habitant et par an investis par les Suisses dans leur réseau ferroviaire.

Développement de filières

- La création de filières de transition nouvelles ou le développement de certaines encore embryonnaires permettent d’envisager des dynamiques économiques positives.
- Il s’agit notamment du développement des industries sur le réemploi, la méthanisation, la filière azote-phosphore ou la production de batteries.

Effets territoriaux

- Ils sont globalement orientés vers un rééquilibrage de l’activité sur le territoire. Un meilleur maillage territorial du chemin de fer et le redéveloppement des voies navigables doit permettre l’établissement de nouvelles bases logistiques et sites de productions localisés en fonction des flux, notamment pour éviter les retours à vide. Les efforts de redynamisation des villes petites et moyennes et de leur centre doivent faciliter ce mouvement.
- Les entreprises de transformation qui valorisent des richesses naturelles locales de la biorégion (notamment matériaux de construction biosourcés qui supplantent les béton, verre et acier importés, le bois-énergie qui compense la baisse de production d’emballages papier et cartons, mais aussi les énergies renouvelables ou les 50 % des produits alimentaires destinés à la consommation locale) permettent de maintenir plus de valeur ajoutée sur les territoires. Il faut cependant anticiper une réduction des profits et des destructions d’emplois au sein des entreprises de l’agrofourmiture et de l’agroalimentaire, dus aux changements de modes et de types de production. Cela concerne notamment la Bretagne, Normandie, Bourgogne, et le Limousin.
 - Un ensemble de garages locaux pour l’entretien et la réparation des cycles et deux-roues électriques maille le territoire plus finement que les garages « généralistes » qui s’occupent aussi des voitures.
 - La déconcentration de la culture et le renforcement du tourisme local suite à la réduction massive des voyages en avion, ainsi que l’augmentation du nombre de travailleurs agricoles, devrait également accompagner le dynamisme des villes petites et moyennes.

2- Variations de bien-être socio-environnemental notables

Qualité de l’air

- La disparition des véhicules thermiques en ville au profit des modes actifs (vélos, assistés électriquement ou non, deux-roues légers électriques) (40 %) et des véhicules électriques améliore significativement la qualité de l’air en ville. En 2050, tous les logements sont catégorisés “A”, “B” ou “C” énergétiquement, et il n’y a plus aucune maison alimentée au gaz, fioul ou charbon. Un tiers des logements est chauffé à la biomasse par des équipements performants qui réduisent les émissions de particules fines¹¹. La diminution de 50 % dans l’utilisation d’engrais azotés dans l’agriculture améliore la qualité de l’air dans les campagnes en limitant la pollution à l’ammoniac et à l’oxyde d’azote.

¹¹

[https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaaleur/dossier/bois-biomasse/bois-energie-qualite-lair#:~:text=Les%20principaux%20polluants%20ou%20pr%C3%A9curseurs.monoxyde%20de%20carbone%20\(CO\)%2C](https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaaleur/dossier/bois-biomasse/bois-energie-qualite-lair#:~:text=Les%20principaux%20polluants%20ou%20pr%C3%A9curseurs.monoxyde%20de%20carbone%20(CO)%2C)

Biodiversité

- La densification de la ville, la requalification des zones commerciales et les aménagements pour la mobilité douce structurent l'objectif de « zéro artificialisation brute », qui est plus satisfaisant sur le plan pédologique (qualité des sols) que la compensation proposée par renaturation des sols – qui affaiblit l'objectif de zéro artificialisation. On suppose dans le PTEF que d'ici 2050, 250 000 hectares de terres agricoles sont perdus par artificialisation, au lieu de 500 000 hectares sans le plan. En ville, 10m² d'espaces verts par personne en zone dense accessible à pied ou en vélo et l'abaissement des nuisances sonores suite à la disparition des véhicules thermiques facilitent le retour de la nature en ville.
- En zones rurales, la restauration des paysages, la diversification des cultures et la diminution des intrants, permettent à la biodiversité de se reconstruire : 50% de surfaces agricoles sont certifiées AB. La fin des importations en matières premières agricoles pour l'alimentation animale et humaine ou pour la production de biocarburants, font chuter la « déforestation importée ». La multiplication par 2,5 du linéaire de haies d'ici 2050 et un doublement du nombre d'arbres de plein champ favorisent également le retour de la biodiversité dans les campagnes. La réduction de l'élevage intensif restaure la qualité des nappes phréatiques et la baisse de charge des stations d'épuration conduit à une moindre pollution aquatique.
- L'industrialisation du réemploi et la baisse de la production d'emballages plastiques et du matériel à usage unique, notamment dans la santé, limitent la pollution liée aux déchets.
- Les points d'attention concernent la réindustrialisation des territoires et leur impact potentiel sur l'air, l'eau et les sols et l'impact additionnel sur les écosystèmes en Asie, Afrique et Amérique du Sud de l'extraction des minerais et terres rares nécessaires à la production des batteries et éléments électroniques des voitures notamment. Les conditions environnementales de l'extraction de ces minerais devront être étudiées en vue de leur éventuelle adaptation.

Cohésion sociale et territoriale

- La répartition plus équilibrée de la population sur l'ensemble du territoire national diminue la taille des métropoles au profit des villes plus petites. Les liens sociaux de proximité sont renforcés : le partage de l'espace de circulation, le ralentissement des vitesses de circulation dans les centres villes et l'essor des modes doux permettent plus de rencontres, tout comme le développement du coworking pour les 40 % de télétravailleurs et celui du covoiturage.
- La réduction de la mobilité longue distance, quoique concernant actuellement de manière disproportionnée les catégories plus aisées, peut impacter négativement les liens familiaux et amicaux, notamment internationaux.
- La diffusion d'une culture du risque climatique par le système éducatif facilite le sentiment de cohésion autour d'un but commun.
- En termes de santé, le maintien à domicile des personnes fragiles leur permet de vieillir mieux, plus longtemps, et un contact plus régulier avec la nature est bénéfique à la santé mentale de la population et source de satisfaction.
- Les consommations les plus émettrices en GES (voyages en avion, logements secondaires, alimentation carnée) sont réduites et réduisent logiquement les inégalités de consommation.

- La réduction générale des inégalités territoriales peut faciliter la cohésion nationale, favorisant a priori un meilleur accès à l'emploi dans des zones où le logement est moins cher et un meilleur accès (physique) à la culture.
- Le développement raisonné des infrastructures numériques et la sobriété dans ses usages en font un outil d'inclusion sociale tout en maîtrisant son impact environnemental.
- Toutefois les chocs sociaux, parfois concentrés géographiquement, liés au déclin de secteurs comme l'industrie automobile ou la transformation de viande et de produits laitiers restent un défi en terme de cohésion sociale s'ils ne sont pas suffisamment anticipés (ce à quoi s'attache ce plan toutefois, comme détaillé sur ce sujet dans la note emploi). Autre défi pour la cohésion sociale, l'acceptabilité sociale des nouvelles installations industrielles, énergétiques ou logistiques sur les territoires et les nuisances sonores et environnementales associées : emprise au sol, déchets et rejets des industries, bruit et « pollution esthétique ».

Populations les plus précaires ou habitant sur des territoires fragiles

- Le plan réduit les inégalités de santé, par développement des maisons de santé pluriprofessionnelles en zone peu dense. Les gains en termes de santé liés à l'accès à une meilleure alimentation dans les établissements éducatifs et médico sociaux, à la rénovation énergétique des logements et à l'amélioration de la qualité de l'air touchent particulièrement les ménages à faibles revenus qui habitent aujourd'hui dans les quartiers plus pollués¹² et dans des logements insalubres¹³.
- L'accès à la mobilité est amélioré, grâce aux vélo-écoles qui accompagnent la pratique du vélo, et au développement des transports publics express entre le centre-ville et sa périphérie éloignée dans les grandes agglomérations. 90 % de la population est proche d'une des 3000 gares desservies par le train. Les transports en communs urbains sont maintenus pour les personnes à mobilité réduite et les personnes âgées. Les habitants du rural qui ne sont pas accompagnés pour investir dans un véhicule électrique restent plus vulnérables.
- Pouvoir d'achat : La question du pouvoir d'achat est liée à celle des pratiques culturelles de consommation. Le prix des produits végétaux reste stable. Le prix de la mobilité longue-distance est en hausse, et le prix des produits animaux augmente de l'ordre de 14 %, rendant ces consommations moins accessibles qu'aujourd'hui aux personnes à faible revenu. À l'inverse, on note une réduction des dépenses énergétique (chauffage et voiture) si la problématique de la capacité d'investissement du ménage est résolue par une politique publique adéquate.
- Comme détaillé et analysé dans la note emploi, le plan entraîne la création de relativement plus d'emplois à niveaux de qualification faibles ou modérés (dans l'agriculture, l'industrie, la transformation, le réemploi) sur tout le territoire. Cependant, avant et pendant le pic de transformation, on constate de nombreuses destruction d'emplois faiblement qualifiés ou spécialisés, notamment dans les régions touristiques n'accueillant plus de touristes étrangers, le secteur automobile, le secteur aéronautique, le secteur de la transformation de la viande. Il existe ainsi des enjeux forts de formation pour accompagner les reconversions. La question de la pénibilité du travail et de l'impact sur la santé des travailleurs agricoles et manuels ou pour les opérateurs logistiques travaillant de nuit devra aussi être prise en compte dans une approche systémique.

¹² Stratégie de Résilience de la ville de Paris <https://api-site-cdn.paris.fr/images/95335>

¹³ <https://www.fondation-abbe-pierre.fr/nos-actions/comprendre-et-interpeller/quand-cest-le-logement-qui-rend-malade-etude-dans-le-douaisis>

- Le revenu des agriculteurs, aujourd'hui nombreux en situation fragile¹⁴, est amélioré par la limitation du nombre d'intermédiaires (circuits courts), la réduction de leurs dettes (l'agriculture devient moins intensive en machines et bâtiments d'élevage notamment) et la rémunération par la collectivité des services écosystémiques et humains rendus par l'agriculture.
- La reconnaissance culturelle : le plan prévoit de déconcentrer également la culture sur les territoires, et de permettre plus de diversité dans les productions culturelles grâce à la décentralisation de la production au delà des mégaproductions tout sauf sobres, favorisant ainsi la reconnaissance d'une égale dignité au-delà des modes de consommation. Les métiers agricoles et industriels sont revalorisés socialement du fait de leur contribution au dynamisme économique local.

Premières valorisations quantitatives des gains environnementaux

- L'analyse qualitative ci-dessus fait notamment ressortir des améliorations potentiellement significatives de la qualité de l'air, et donc de la santé. Il est clairement établi que c'est le type d'approche multisectorielle cohérente prévu par le Plan qui, comme pour la décarbonation, peut produire le plus d'effets.¹⁵ Ainsi en Ile-de-France les émissions de particules fines, notamment les plus petites dites "PM2.5", qui sont les plus dangereuses pour la santé, proviennent de manière tout aussi significative (sinon plus) du secteur résidentiel que de la circulation automobile, tandis que les émissions de dioxyde de soufre proviennent essentiellement de la production d'énergie carbonée (centrales de production d'électricité, raffineries et installations d'extraction de pétrole)¹⁶. Autant de sources sur lesquelles le PTEF intervient de manière significative.
- Il est même possible d'évaluer quantitativement ces effets. Ainsi si l'on se concentre sur les PM2.5, on peut attendre un effet massif de la décarbonation du chauffage grâce à la généralisation des pompes à chaleur et de la rénovation thermique des bâtiments, conjugués au report modal de la voiture vers les modes doux ou collectifs et la forte baisse des émissions des véhicules restants. En supposant (modestement) que le Plan permet à la France de respecter (enfin) les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour toutes ses communes, soit une valeur guide de 10 microgrammes de particules PM2.5 par mètre cube d'air, en moyenne annuelle, les gains estimés seraient de plus de 50 milliards d'euros chaque année, soit de l'ordre de grandeur de 2,5 % du PIB actuel.¹⁷
- L'objectif ambitieux du plan pour l'augmentation de la part du vélo dans la mobilité quotidienne a aussi un effet significatif, au-delà du bénéfice induit sur la réduction de l'utilisation de la voiture et donc la diminution de la pollution de l'air. Le seul bénéfice du surcroît d'activité physique sur la santé peut en effet être estimé à 8,3 milliards d'euros par an.¹⁸ L'augmentation des distances totales parcourues à pied aurait aussi un effet valorisable, bien qu'inférieur compte-tenu des amplitudes moindres prévues.

¹⁴ <https://www.lafranceagricole.fr/actualites/gestion-et-droit/niveau-de-vie-un-quart-des-agriculteurs-sous-le-seuil-de-pauvrete-1,2,256873783.html>

¹⁵ Miller et. al (2020). Health benefits of policies to reduce carbon emissions.

¹⁶ <https://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-bilan-emissions>

¹⁷ O. Chanel (2017). Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale. Ce type de modèle évalue les bénéfices pour la santé typiquement en années de vie gagnées ou en évitement de décès. S'il peut paraître difficile voire discuté d'évaluer ensuite ces bénéfices en termes monétaires, ces évaluations sont fondées non pas sur des dires d'expert, mais sur des enquêtes auprès de la population. Elles permettent donc de donner une idée de l'ampleur du gain de bien-être collectif à allonger une vie ou à éviter un décès.

¹⁸ Organisation Mondiale de la Santé, Bureau Régional de l'Europe (2018). Outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) liés à la pratique du vélo et de la marche. Calculs des auteurs à partir de l'outil en ligne <https://www.heatwalkingcycling.org/#homepage>, des reports modaux prévus dans le PTEF et des évaluations précédentes effectuées pour le "Guide pour une mobilité bas carbone".

- D'autres gains spécifiques pourraient être valorisés en termes de bien-être lié à la santé et à l'environnement. Par exemple dans le domaine des transports, des gains significatifs sont liés à la réduction de la pollution sonore, de la congestion et des accidents, ainsi que le montre une étude réalisée pour la Commission Européenne.¹⁹ Il en va de même de l'alimentation, notamment les gains notables pour la santé d'une réduction de la surconsommation et donc de la surproduction de protéines animales, en particulier de viande rouge fortement émettrice de GES, ainsi qu'il est prévu dans le Plan.²⁰

3- Impacts du PTEF sur la résilience de l'économie française

Note sur les limites méthodologiques : la capacité d'adaptation et de coopération sont des facteurs majeurs de résilience et n'étaient pas directement évaluables à ce stade de développement du PTEF²¹. Les données ont vocation à être renforcées et des facteurs de vulnérabilités/résilience de différents niveaux d'importance cohabitent.

Une meilleure résilience face aux risques en général

- **Capacité d'adaptation et de coopération** : Les coopérations économiques renforcées, par exemple localement pour permettre la mise en place de circuits-courts alimentaires et autour des centres de massification pour la logistique urbaine, nationalement pour permettre le réemploi des matériaux (comme une plateforme dite « BAMB » dans le bâtiment²²) structurent des réseaux qui ont une meilleure capacité de réaction en cas de choc. Une meilleure cohésion sociale (cf impacts), et la proactivité des collectivités pour impliquer les habitants dans la vie locale et la prévention des risques accélèrent la mise en oeuvre de solutions en cas de crise.
- **Plus grande diversité, déconcentration de l'économie et proximité** : Un urbanisme et une économie de la proximité renforcent l'autonomie des territoires en cas de choc ponctuel : L'accessibilité aux services essentiels (éducation, santé, commerces de première nécessité,...) est garantie même en conditions dégradées (sans l'usage de la voiture individuelle p.ex.), au travers d'un maillage fin du territoire. La production énergétique et alimentaire (végétale et animale) est aussi déconcentrée et diversifiée sur les territoires. Le raccourcissement prévu des chaînes de valeur dans l'industrie en général doit renforcer la résilience des filières face aux interruptions de production ou logistiques résultant des différents risques.
- **Plus de prévention** : L'augmentation de 3 % à 10 % de la part du budget de la CNAM dédié à la prévention-santé et des modes de vie adaptés (mobilité, alimentation, qualité de l'air et accès à la nature) renforce la résistance globale de la population aux changements climatiques et aux épidémies. Une culture de l'entretien des bâtiments, des infrastructures de transport et des réseaux d'eau améliore également leur résistance aux chocs. Les travaux de recherche contribuent également à la résilience par une meilleure compréhension des risques et l'identification de solutions aussi bien technologiques que organisationnelles, et limitent l'accroissement des vulnérabilités liées à la diffusion d'innovations aux conséquences délétères. La formation aux enjeux des crises climatiques des professionnels, plus particulièrement des agents publics qui sont les premiers sollicités en cas de crise améliore également la gestion de crise.

¹⁹ Update of the Handbook on External Costs of Transport (2014).

²⁰ Milner, James; Green, Rosemary; Dangour, Alan D; Haines, Andy; Chalabi, Zaid; Spadaro, Joseph; Markandya, Anil; Wilkinson, Paul; (2015) Health effects of adopting low greenhouse gas emission diets in the UK. *BMJ open*, 5 (4). e007364-. ISSN 2044-6055 DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007364>

²¹ Griessinger, Thibaud, présentation au séminaire "Facteur humain de la résilience territoriale", IEAP <https://www.paris-jea.fr/fr/evenements/facteurs-humains-de-la-resilience-territoriale-preparation-individuelle-et-cohesion-sociale?thanks=evenement>

²² <https://architectura.be/fr/actualite/17407/economie-circulaire-decouvrez-le-projet-bamb-sur-le-terrain>

Le plan améliore significativement la résilience :

- **Au changement climatique (adaptation) : un aménagement du territoire qui anticipe les variations climatiques**
 - En ville, la disparition des véhicules thermiques, la végétalisation, la présence d'eau et l'utilisation de matériaux à plus fort albédo permettent à chaque habitant d'accéder à un îlot de fraîcheur à moins de 10m à pied en cas de canicule. Sur tout le territoire, 100 % des logements et bâtiments tertiaires présentent un niveau de performance énergétique A, B ou C, ce qui améliore significativement le confort en été. Le besoin de rafraîchissement qui demeure significatif est assuré par des réseaux d'eau glacée alimentés électriquement ou par la biomasse.
 - Les documents d'urbanisme sont revus à partir des plans de prévention des risques climatiques : les zones exposées au risque de submersion et d'érosion ont mis en oeuvre des stratégies d'adaptation de long terme. Le maillage permis par les 33 000 km de réseau ferré (contre 30 000 aujourd'hui), et le doublement de certaines lignes menacées par la montée du niveau de la mer (comme entre Montpellier et Perpignan) permettent des déviations en cas d'avarie dans le réseau du aux intempéries plus fréquentes.
 - La diversité des variétés cultivées dans l'agriculture et la gestion des forêts renforce la résilience de la production alimentaire face aux aléas climatiques et aux nouveaux ravageurs et sécurise leur fonction de puits de carbone, réserves de biodiversité, et ressource naturelle.
- **Aux crises sanitaires :**
 - Le rapprochement de la production des principes actifs d'intérêt thérapeutique majeur lorsque c'est possible et la diversification des approvisionnements lorsque c'est impossible renforce l'indépendance de la France en cas de pandémie, là où 80 % de ces molécules sont produits en Chine aujourd'hui.
 - Le risque de pandémie continue de constituer une menace pour les transports collectifs, mais seuls 6 % de la population les utilisent au quotidien, 40 % utilisant déjà des modes doux pour les déplacements de moins de 20 km. Pour les trajets supérieurs à 100 km, qui sont par ailleurs moins nombreux, les modes ferrés et aériens ont mis au point des protocoles permettant d'assurer un service minimum avec un plan de transport réduit dès que les alertes sanitaires le justifient.
 - La pratique du télétravail par 40 % des actifs en dehors de pandémies permet un basculement plus rapide vers le télétravail total en cas de pandémie, et la baisse de 20% de la mobilité quotidienne.
 - En cas de pandémie, les secteurs de la culture, du tourisme et de l'évènementiel, des transports restent structurellement très impactés par les interdictions de regroupement, même si un modèle culturel plus déconcentré et à plus petite échelle peut plus facilement être maintenu malgré les restrictions de regroupement.
- **Aux troubles dans d'autres pays :**
 - Le développement du réemploi et du recyclage dans l'industrie, notamment pour l'acier et le plastique, fait baisser la dépendance aux importations de matière première.

- La dépendance de la France aux importations pour sa sécurité alimentaire diminue : les 80 % de l'azote et du phosphore recyclés en France et les pratiques agroécologiques limitent le besoin d'engrais et 80 % de l'alimentation humaine ou animale importée aujourd'hui ne l'est plus en 2050.
- Avec 44 Mt de céréales produites après le PTEF par rapport au 69 Mt en 2018, la France peut encore être exportatrice et contribuer à la sécurité alimentaire de pays importateurs, grâce à une baisse de la demande sur l'alimentation animale.

- **Une résilience optimale à la pénurie d'énergie fossile :**

La décarbonation générale des secteurs renforce l'indépendance vis-à-vis du pétrole : la baisse du besoin en mobilité et en fret et la décarbonation du transport améliore la résilience de tous les secteurs face à une hausse des prix ou pénurie d'énergies fossile :

- Agriculture : 50 % des produits viennent du territoire, le fret est réalisé en véhicule utilitaire léger (VUL) électrique ou par train/fluvial.
- En 2050, il n'y a plus aucun logement chauffé au fioul, et quelques uns au gaz (dans le logement collectif).
- 90 % du territoire est accessible en train pour la mobilité longue distance, 100% des VUL sont électriques, 70 % des voitures sont électriques et les 30 % restants consomment moins de 2L/100km.
- Le biogaz produit en France est dédié aux usages non substituables (machines agricoles, etc.). *Note : à cet état d'avancement, le logement collectif consomme encore du gaz (renouvelable) après transformation ; davantage de travail est nécessaire pour éviter cette consommation, qui vient en concurrence d'autres, moins facilement substituables.*
- La réduction de certains usages en tant que telle limite la vulnérabilité face à une crise pétrolière, par exemple l'agriculture agroécologique est moins dépendante aux intrants issus de la pétrochimie (pesticides).

Certaines vulnérabilités nouvelles ou persistantes doivent être notées :

- **Aléas climatiques :**

- Certaines industries et les centrales de génération d'énergie asservies en température auront des difficultés à fonctionner en cas de canicule.
- L'impact du Plan dépendra cependant du mix énergétique choisi.

- **Troubles extérieurs :**

- L'électrification du parc automobile et de la mobilité douce ainsi que le développement du numérique, du photovoltaïque et de l'éolien, et le maintien d'une certaine part de nucléaire rendent l'économie dépendante de matières premières (métaux notamment) et de composants qui continuent d'être extraites et produits en Asie, Amérique du Sud ou en Afrique, faisant peser un risque économique sur l'industrie et l'énergie et sur toute l'économie en cascade.
- L'industrie chimique reste extrêmement dépendante des matières premières extraites à l'étranger.

- **Pénurie d'énergie fossile :**

- Les personnes devant encore utiliser un véhicule thermique pour des déplacements domicile-travail supérieurs à 100 km ou résidant/travaillant en milieu rural restent vulnérables à une pénurie de pétrole.

- o Des process industriels dépendant d'énergie fossile non substituables restent vulnérables.

Note : le bouclage énergétique final devrait proposer un fonctionnement totalement dépourvu de recours aux énergies fossiles ; en l'état d'avancement, ce n'est pas encore le cas.

Premières implications de ces résultats :

Il a paru opportun de présenter dans cette dernière section un outil, le *Better Life Index*²³, complémentaire des analyses qualitatives et quantitatives présentées précédemment, pour explorer comment de ces résultats objectifs pourrait être extrapolée une vision plus subjective de la transformation – comment elle serait ressentie, et comment ce ressenti évolue.

- Ce type d'outil doit ainsi pouvoir aider à apprécier l'acceptabilité sociale du Plan, notamment des versions détaillées qui seront développées. Sans être un outil de décision, il pourrait être un outil d'appréciation pour les différentes possibilités pour atteindre les objectifs du Plan – notamment en termes de mesures, mais aussi de gouvernance –, sur la perception des compromis et des correctifs à trouver.
- Le *Better Life Index* est un outil développé par l'OCDE pour évaluer de manière *subjective* l'évolution de la qualité de vie et les progrès des sociétés. Chaque individu interrogé doit évaluer son bien-être sur une échelle selon 12 dimensions: Logement, Revenu, Emploi, Liens sociaux, Éducation, Environnement, Engagement civique, Santé, Satisfaction, Sécurité et Équilibre travail-vie. Il en résulte une visualisation du bien-être selon l'ensemble des scores obtenus.
- Dans le cadre du PTEF, une utilisation de l'outil pourrait consister en une matrice qui met en regard un secteur, ou un ensemble de secteurs, et le sens de variation attendu de la transformation de ce secteur sur la satisfaction dans les différentes dimensions de l'indicateur. Cette satisfaction serait jugée de manière subjective, par exemple au gré de consultations menées dans l'élaboration du Plan. Ainsi un sondage de 2019 (étude Transdev) montre que les Français sont ouverts à l'idée d'utiliser des modes de déplacement alternatifs à la voiture, notamment les transports ferroviaires : 74 % des Français interrogés pensent qu'il faut les privilégier.
- Une illustration d'une telle utilisation est proposée ci-dessous, étant entendu que cette illustration est un scénario fictif. Plusieurs dimensions de l'indice sont également absentes du tableau présenté en exemple : l'emploi, l'éducation, la sécurité, l'engagement civique et l'équilibre travail-vie. Les 4 derniers sont des dimensions nécessaires à aborder, mais qui dépendent plus de la mise en oeuvre du plan que des objectifs de celui-ci. La dimension emploi a été écartée par souci de simplification, car elle fait l'objet d'une analyse objective détaillée dans un chantier propre. En vert les effets jugés positifs, en bleu négatifs, jaune indéterminés et gris non applicables.

²³ <http://www.oecdbetterlifeindex.org/fr/>

Secteur/Aspect	Logement	Coût de la vie	Liens sociaux	Environnement	Santé	Satisfaction
Industrie						
Numérique						
Industrie Automobile						
Fret						
Agriculture						
Forêts						
Médias/Numérique						
Mobilité quotidienne						
Mobilité longue distance						
Maisons individuelles						
Logements collectifs						
Bâtiment tertiaire						
Energie						
Santé						
Culture						
Défense						
Administration publique						
ESR						

- Ainsi dans ce scénario de variation, plusieurs dynamiques sont assez probables. Par exemple en termes de qualité de « l'environnement personnel » considéré par l'indicateur, il est assez clair que la plupart des objectifs sectoriels conduiront dans la majeure partie des scénarios à une amélioration: amélioration de la qualité des logements, apaisement et verdissement des espaces publics... Toutefois, le scénario prend en compte une relocalisation massive de l'industrie qui représenterait potentiellement une pollution de l'air localisée supplémentaire. De même l'effet net des objectifs du logement collectif pourrait être jugé ambigu par certains, compte tenu des travaux intenses nécessaires pendant de longues années.
- Le *Better Life Index* (BLI) permet ainsi de présenter visuellement les arbitrages en termes de bien-être subjectif : comment un individu accepte-t-il le fait de se séparer de sa voiture particulière en cas d'offre de mobilité alternative fournie et abordable ? Comment un autre accepterait de manger mieux, mais moins de viande ? Comment la population accepterait-elle d'abandonner le modèle de la maison individuelle pour vivre dans des logements collectifs bien entretenus et isolés ?
- Certaines limites importantes doivent toutefois être soulignées. Notamment, aucune hiérarchie entre les dimensions n'est envisagée. Le BLI cloisonne également les secteurs, et pourrait être repensé pour traduire des interactions entre eux (l'enseignement et le numérique, la mobilité et le logement, l'industrie et l'agriculture...).



DOCUMENT DE TRAVAIL

Villes et Territoires

Chère lectrice, cher lecteur,

Cette fiche est un document de travail. Elle fait partie de l'[État d'avancement du Plan de transformation de l'économie française \(PTEF\)](#) du think tank *The Shift Project*. C'est le premier jalon du travail annoncé le 6 mai 2020, qui a pu être initié grâce au succès de sa campagne de financement [participatif](#) – merci aux plus de 3700 donateurs !

Cette fiche traite d'un sujet parmi une vingtaine, qui sont intriqués les uns aux autres et donnent ensemble une vision globale, systémique de l'économie française. Les autres fiches sont disponibles sur le site internet* du *Shift Project*. Nous y décrivons l'économie telle qu'elle pourrait être après une transformation visant à la décarboner et la rendre plus résiliente (à un choc pétrolier, au changement climatique...), secteur par secteur et selon des thématiques transversales (l'emploi, l'énergie, les matériaux...).

Cette Vision globale – de l'économie actuelle, du chemin de transformation et de l'économie après transformation – reste à parfaire, à compléter et à débattre. D'une part, la *Vision globale_VO* devra être consolidée en une vraie *V1*. D'autre part, pour devenir « le Plan », elle devra être complétée par des propositions de mesures opérationnelles. Ces mesures devront permettre d'amorcer une trajectoire de transformation pour décarboner nos activités au bon rythme, et rendre la société résiliente aux chocs. Construire, secteur par secteur, ces propositions, par une mobilisation des acteurs concernés : cela sera l'objet de la prochaine phase du projet PTEF, qui débutera à l'automne 2020.

Vos retours sur le travail déjà accompli sont les bienvenus. En vue de publier fin septembre 2020 une version consolidée de ce travail (la *Vision globale_V1*), nous menons durant cet été une (petite) consultation (merci aux *Shifters*) : [pour nous faire part de vos retours \(anonymement\), rendez-vous sur ce formulaire en ligne.](#)

Votre contribution est possible pour la suite du travail. Elle pourra être sectorielle, transversale, ou porter sur la valorisation et vulgarisation du travail. Pour les plus motivés d'entre vous, [rendez-vous sur cet autre formulaire en ligne pour proposer votre contribution.](#)

Bonne lecture,

L'équipe du Shift et l'équipe élargie du PTEF

*L'État d'avancement du PTEF comporte une [introduction](#). Il est segmenté selon quatre logiques : secteurs « usages » ([mobilité quotidienne](#), [mobilité longue distance](#), [logement](#), [usages numériques](#)) ; secteurs « services » ([santé](#), [culture](#), [défense et sécurité intérieure](#), [enseignement supérieur et recherche](#), [administration publique](#)) ; secteurs « amont » ([agriculture-alimentation](#), [forêt-bois](#), [énergie](#), [fret](#), [matériaux et industrie dont ciment-chimie-batteries](#), [industrie automobile](#)) ; chantiers transversaux ([emploi](#), [finance](#), [résilience et impacts](#), [villes et territoires](#)).

I- Le chantier villes et territoires dans le PTEF

Périmètre du chantier villes et territoires :

- Le chantier s'intéresse aux politiques d'urbanisme et d'aménagement du territoire ; il est transversal mais est plus particulièrement en interaction avec les secteurs mobilités, bâtiment, et administration publique.
- Nous considérons dans ce chapitre l'ensemble des villes¹ (grandes, moyennes et petites, zones périurbaines) ainsi que le lien avec les territoires ruraux ;
- Nous fournissons par ailleurs un regard sur la question des équilibres territoriaux (phénomène de métropolisation, lien des villes avec leur arrière-pays).

Objectifs du chantier villes et territoires :

Le travail a consisté à décrire la transformation des villes et des territoires en cohérence avec les transformations des autres secteurs du PTEF, et notamment l'impact sur les territoires et l'accompagnement en termes d'aménagement des créations et destructions d'emploi du PTEF ;

- Les estimations d'ordres de grandeur sont détaillées dans les chapitres sectoriels (mobilités, bâtiment...)
- Le chantier « villes et territoires » permet d'offrir une vision transverse et une description « incarnée » de l'impact du PTEF sur les modes de vie, notamment pour les transformations affectant directement le quotidien des Français.

II- Notre point de départ

Description des territoires urbanisés de nos jours :

- Les villes concentrent 80 % de la population française et les emplois ne cessent de s'y concentrer, plus particulièrement dans les grandes agglomérations. Les surfaces urbanisées augmentent plus vite que la population depuis plusieurs décennies, allongeant de ce fait les distances à parcourir pour se déplacer et aggravant la dépendance à l'automobile.
- Leur dépendance à des flux de matières et d'énergie assurés par des systèmes logistiques complexes et internationaux, ainsi que les facteurs d'aggravation des risques environnementaux (pollution de l'air, îlot de chaleur, imperméabilisation des sols...) les rendent vulnérables aux chocs énergétiques et climatiques à venir.
- Les politiques d'urbanisme et d'aménagement du territoire ont une incidence importante sur les modes de vie (habitat, mobilité, loisirs, consommation) et sur les interactions sociales au travers notamment de la question des formes urbaines, de l'espace public et des équipements publics. Il s'agit d'un chantier transverse en interaction forte avec la plupart des secteurs du PTEF :

¹ La définition complète de l'INSEE pour une unité urbaine est la suivante : On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants

- La mobilité, les infrastructures mais aussi les formes urbaines ayant une forte incidence sur les usages dans ce domaine ;
- Le bâtiment : nous explorons ici les aspects de gouvernance locale, et leur incidence à l'échelle des villes et territoires pour accompagner la transformation du parc bâti ;
- Mais aussi : l'agriculture (relocalisation et approvisionnement local), l'industrie (relocalisation), l'administration publique (proximité des services), la culture...

Grands enjeux physiques, de résilience et environnementaux :

- Les villes françaises concentrent 67 % des émissions nationales de gaz à effet de serre.
- Les nuisances et pollutions présentes en ville ont des effets bien établis sur la santé : on estimait dans les années 2010 que la pollution atmosphérique était à elle seule à l'origine de 48 000 décès évitables par an, ce qui en faisait la troisième cause de mortalité en France derrière le tabac (78 000) et l'alcool (49 000).
- Les espaces urbanisés participent à la dégradation de la qualité des sols par l'augmentation continue de leur artificialisation et les phénomènes de ruissellement et de lessivage des sols qui en résultent.
- La diminution de la biodiversité est notamment liée à la destruction des habitats naturels en ville, mais aussi, en dehors des villes, dans les lieux servant à l'extraction des ressources (minérales dans les carrières, par exemple) consommées en ville.
- Les villes sont très fortement dépendantes de sources énergétiques issues de territoires extérieurs (par exemple : Paris produit environ 2 % de l'énergie qu'elle consomme dont une partie issue de l'incinération de déchets qui sont eux-mêmes issus de matières importées).
- L'approvisionnement alimentaire des villes se fait par des chaînes logistiques complexes et internationales, fortement dépendantes de la disponibilité des produits pétroliers.
- L'alimentation en eau potable repose sur des systèmes de traitement de l'eau qui sont eux-mêmes consommateurs d'énergie.
- La forte densité de population en ville et la concentration des flux de transport internationaux favorisent la propagation des maladies infectieuses. Par ailleurs, la pollution de l'air et l'effet d'îlot de chaleur urbain sont des phénomènes intriqués qui peuvent aggraver l'impact sanitaire des vagues de chaleur.
- Les zones urbanisées en aval des bassins versants sont particulièrement exposées aux risques d'inondations du fait de l'artificialisation des sols.
- Certaines communes littorales sont exposées aux risques d'érosion des côtes et de submersion marine.

Face à ces enjeux, les territoires urbanisés offrent des opportunités et disposent de ressources afin de s'adapter au contexte de la déplétion des ressources en énergies fossiles et de la crise écologique, dont notamment :

- la concentration d'acteurs, de savoir faire, et de capitaux ;
- la taille réduite des surfaces de logements par habitant, source de sobriété énergétique ;
- la densité des réseaux de transports en commun et les distances adaptées aux mobilités actives et au développement de la logistique bas carbone ;

- la facilité de communication autour d'un grand nombre d'habitant-es du fait de la densité.

III- Le chemin proposé par le PTEF

1- Zéro artificialisation brute

a. Objectifs

Afin d'arrêter la destruction de la biodiversité et du puits de carbone constitué par les sols et la végétation qu'ils accueillent, l'objectif est de stopper l'artificialisation des sols, en interdisant l'ouverture de nouvelles terres à l'urbanisation. Le levier réglementaire permet d'atteindre rapidement cet objectif. Toutefois, interdire l'ouverture de nouvelles terres à l'urbanisation modifie en profondeur le marché foncier, et nécessite donc la mise en place de mesures permettant de pallier l'impact de ces modifications. Ces contreparties sont décrites au paragraphe suivant.

Considérant que la compensation par renaturation des sols, dans le cadre d'un objectif « zéro artificialisation nette », affaiblit l'objectif de zéro artificialisation, et n'est pas satisfaisant du point de vue de l'évolution de la qualité des sols, le PTEF fixe un objectif de « zéro artificialisation brute ».

b. Moyens proposés

- Identifier plus clairement les terrains urbanisables ou à « réurbaniser » et les terrains non urbanisables dans le Schéma de cohérence territoriale (SCOT), en incluant une carte situant précisément les terres constructibles et les terres non constructibles.
- Supprimer les zones à urbaniser (AU) dans le code de l'urbanisme et les PLU, interdire de façon immédiate de nouvelles ouvertures à l'urbanisation, y compris dans les zones AU existantes. De nouvelles typologies de zones pourraient être créées, par exemple « ARU » (zones à réurbaniser sur sols déjà artificialisés), ou « AD » (à densifier) pour répondre aux besoins en logements du territoire. L'ensemble des SCOT et Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) devront être révisés pour répondre à ces objectifs.
- Systématiser les Zones agricoles protégées (ZAP - article L112.2 du code rural), ainsi que les Périmètres de protection des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN).
- Modifier l'instruction des projets d'infrastructures nouvelles (routes, fer, énergie dont renouvelable), responsables à 28 % de l'artificialisation derrière l'habitat, pour les intégrer aux documents d'urbanisme.
- Former les acteurs et notamment les collectivités au rôle et à la qualité des sols.

c. Contreparties proposées à l'arrêt de l'artificialisation :

- **Contrepartie n°1** : densifier ponctuellement et rénover, par exemple dans des zones « AD » (zone urbaine à densifier) avec des densités minimales à respecter.
- **Contrepartie n°2** : accompagner la baisse de la production de logements neufs, notamment accompagner la conversion des acteurs de la filière « construction neuve » vers la réhabilitation.
- **Contrepartie n°3** : rendre attractifs certains territoires dépeuplés déjà artificialisés.
 - *Note : ces 3 contreparties sont décrites dans le paragraphe suivant « territoires de proximité ».*

- **Contrepartie n°4** : accompagner les agriculteurs mis en difficulté par une perte de rente foncière.
 - *Note : cette 4^{ème} contreparties est en interactionn forte avec les fiches alimentation-agriculture et forêt.*

2- Vers des territoires « de proximité »

a. Objectifs

L'enjeu du Plan de transformation est d'accompagner nos territoires au bâti étalé vers plus de sobriété dans les usages, plus d'autonomie alimentaire, et une meilleure qualité de vie.

Il s'agit d'aller vers des territoires de proximité offrant les aménités et une part de la production alimentaire dans des distances cohérentes avec une mobilité décarbonée.

L'objectif est d'atteindre 20 % de baisse de mobilité quotidienne d'ici à 2050 et 50 % de production alimentaire au sein de chaque « biorégion » (territoire correspondant aux bassins de vie, rassemblant un pôle urbain et son arrière-pays rural ou bien constitué d'un réseau de petites villes et de centres-bourgs, auquel la géographie, l'histoire, ou la vie économique donnent sa cohérence).

b. Moyens proposés

- Mise en place d'une nouvelle politique d'aménagement des territoires décentralisée, afin de piloter le redéveloppement urbain autour des emplois créés en zone rurale et dans les villes aujourd'hui en déprise, dans une perspective de sobriété d'usages et d'urbanisme des courtes distances, en s'inscrivant dans les zones déjà artificialisées et dans une logique de co-développement entre zones rurales et urbaines.
- Viser le redéveloppement des villes petites et moyennes, avec des outils opérationnels de type Action Cœur de ville ciblant à la fois qualité des logements, commerces et services, et emplois. Soutien au fonctionnement en réseau de ces villes par le développement des transports en commun (train ou à défaut, à court terme, car), en particulier pour relier les emplois et permettre la double activité des ménages.
- Améliorer la qualité de vie en ville :
 - Améliorer la qualité des logements (rendre obligatoire la présence d'espaces extérieurs dans les logements, profiter des rénovations pour créer des espaces extérieurs, faciliter les démolitions ponctuelles dans les centres anciens) ;
 - Réorienter la politique de logement : du purement quantitatif au qualitatif et abordable (obligation réglementaire et soutien aux diverses formes de logement aidé pour accompagner le redéploiement des emplois sur le territoire) ;
 - Renforcer la nature en ville : imposer une surface d'espace vert par habitant dans les documents d'urbanisme, sur la base des recommandations de l'OMS (10m² par personne en zone dense accessible à pied ou en vélo), désartificialiser les « dents creuses » (les espaces non-construits entouré de parcelles bâties) ;
 - Transformer les espaces publics en faveur des piétons et vélos, et déployer le système vélo partout (voies + stationnement).
- Densifications ciblées pour permettre la création de centralités réparties sur le territoire et reliées par des Transports en commun (TC) : le PTEF promeut la multipolarité ou polycentralité, le critère étant la proximité et l'accès aux services essentiels en modes actifs. Inciter à la densification sur les axes de TC, dans les zones de centralités existantes ou à revitaliser, pour générer des centralités (par ex. dans les

« entrées de ville »), via des densités minima dans les PLU et des outils opérationnels pour accompagner. Planifier la création de pôles de services et commerces fixes ou itinérants dans les zones à la densité suffisante, systématiser un critère carbone relatif aux déplacements avant d'autoriser les programmes d'aménagement et immobiliers, organiser la mutualisation systématique des équipements publics.

- Moratoire sur les grandes surfaces commerciales et accompagnement des friches afin d'utiliser les surfaces imperméabilisées déjà créées et réduire les distances des déplacements pour motif achat (objectif -35 % d'ici 2050) : outils et dispositifs fiscaux pour accompagner la reconversion des friches commerciales, transformation des zones commerciales vers plus de densité et de mixité avec desserte vélo et piéton, refonte des Commissions départementales d'aménagement commercial (CDAC) pour démocratiser les débats et mieux intégrer le bilan environnemental des équipements commerciaux, aides à l'implantations de services et commerces fixes ou itinérants (aménagement de l'espace public, foncières publiques ou parapubliques dédiées...)
- Prévoir et soutenir l'implantation des infrastructures urbaines nécessaires aux circuits courts alimentaires et de biens : marchés, locaux pour les Associations pour le maintien de l'agriculture paysanne (AMAP), plates-formes mutualisées de distribution pour les producteurs du territoire, espaces de vente de proximité, tiers-lieux, espaces de tri et de revente, etc.
- Gouvernance, concertation et outils : l'ampleur des transformations nécessite à la fois une vision et une planification forte (vision nationale et déclinaisons locales), une concertation citoyenne renforcée, et la formation, le soutien et/ou la mise en place d'une ingénierie et d'opérateurs publics ou parapublics dédiés (sociétés d'aménagement, bailleurs), pour porter des requalifications à une échelle suffisante, notamment dans les zones détendues qui sont aujourd'hui moins outillées.

3-Massification du logement bas carbone

a. Objectifs

- Aujourd'hui, un frein à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone est le décalage entre des engagements politiques souvent ambitieux, traduits dans des documents stratégiques, et leur mise en œuvre opérationnelle. Une condition indispensable à l'atteinte des objectifs est l'instauration d'une mécanique territoriale garantissant leur traduction opérationnelle. L'accélération du rythme de rénovation énergétique des logements, l'augmentation massive de production de chaleur renouvelable, etc. : autant d'ambitions qui seront portées *in fine* par les acteurs de la ville et leurs habitants. Charge à la collectivité d'instaurer une gouvernance opérationnelle de la transformation capable d'articuler les échelles « du national (texte de loi) à l'ultra local (la parcelle) » en s'appuyant sur l'échelon régional et intercommunal.
- Assurer la transformation du modèle des politiques urbaines de la croissance, de l'extension horizontale (aux dépens des espaces naturels notamment) vers un modèle de la rénovation/réhabilitation, de la transformation et de la construction sur l'existant. C'est une révolution pour les acteurs de ces politiques (collectivités, élus, architectes et urbanistes, entreprises). Le chantier de la rénovation énergétique implique, par son ampleur, de remodeler totalement en 30 ans villes et territoires, tout en conservant et en améliorant la qualité urbaine et architecturale de ces espaces ainsi que leur adaptation au changement climatique (protections solaires, espaces extérieurs, végétalisation...), en lien avec les autres thématiques du logement (accessibilité, vieillissement de la population, précarité...).

- Mobiliser les collectivités locales comme accélérateurs / pilotes de la transformation à travers la rénovation énergétique des bâtiments et le développement des sources d'énergies décarbonées et locales (réseaux de chaleur, solaire photovoltaïque, méthanisation...).

b. Moyens proposés

- Systématiser les diagnostics afin d'améliorer la connaissance énergétique du territoire / du tissu urbain depuis la maille de la commune jusqu'au bâtiment : cartographie des consommations énergétiques (en s'appuyant notamment sur les données de consommations secrétisées de gaz et d'électricité accessibles en opendata ou via les Autorités organisatrices de la distribution d'électricité, AODE), localisation et caractérisation du parc immobilier, quantification et évaluation du gisement de toitures disponibles pour de la production solaire, inventaire et ciblage des entreprises rejetant de la chaleur fatale...
- Assurer la traduction opérationnelle des objectifs stratégiques présents dans les documents cadres des collectivités (PCAET et SCOT notamment) au travers de projets ancrés « territorialement » (une localisation, un propriétaire, un nom d'entreprise, un quartier, une adresse de copropriété). C'est le rôle des schémas directeurs de l'énergie dont l'objet est de retranscrire de manière opérationnelle les trajectoires fixées : opérations de rénovation énergétique groupée par quartier, rénovation/extension et créations de réseaux de chaleur avec obligation de raccordement, etc. Concernant la rénovation énergétique, les documents d'urbanisme (PLU ou PLUi) sont amenés à intégrer progressivement la question de la rénovation énergétique dans leurs pièces (règlement du PLU et/ou de la voirie dérogation aux règles de hauteur, d'emprise et/ou d'alignement pour des travaux d'isolation par l'extérieur, OAP thématique « Énergie »).
- Multiplier les dispositifs de massification de la rénovation énergétique par quartier pour assurer à la fois la qualité urbaine, architecturale et énergétique des opérations, obtenir un cadre incitatif et sécurisant pour les propriétaires privés (en propriété individuelle ou en copropriété), et permettre des effets d'échelle pour le coût et la rapidité des opérations. L'approche par quartier permet également d'apporter une offre de services mutualisées (mobilités, stockage bois...)
 - En base à l'échelle des régions et/ou des métropoles : création de guichets uniques assurant la fonction de sensibilisation et d'accompagnement, d'ingénierie technique et financière et la maîtrise d'ouvrage déléguée, notamment pour la consultation des entreprises et leur sélection, selon le modèle d'OKTAV (voir plus bas).
 - Développer en parallèle des opérations de rénovations par quartier pour créer des références et accélérer le rythme des rénovations, en particulier dans le tissu résidentiel privé (pavillonnaire ou collectif). Ainsi, la collectivité :
 - identifie les quartiers propices à la mise en œuvre d'une opération rénovation groupée (notion de « quartier homogène » liée à la nature des propriétaires, la typologie architecturale, les techniques constructives, le territoire de rattachement, le mode de chauffage des logements...),
 - fédère une communauté dans un but de sensibilisation et de co-construction, définit les objectifs de rénovations visés (BBC, partielle,..) éventuellement avec l'aide d'un assistant à maîtrise d'ouvrage ou d'un maître d'oeuvre,
 - passe un marché auprès d'un ou de plusieurs opérateurs tiers qui apportent une solution clef en main (financement, études, passation des marchés et suivi des travaux) aux propriétaires privés.

- À noter que ce modèle est en cours de déploiement sur le parc locatif social (Energiesprong). Sa déclinaison dans le parc privé reste un défi de taille à relever. Selon l'ampleur de l'opération il peut être nécessaire de s'adjoindre les services d'une maîtrise d'œuvre urbaine pour assurer la cohérence et la qualité urbaine de ces opérations. Les solutions « à la carte », en particulier dans le tissu pavillonnaire, sont à favoriser pour améliorer l'attractivité de ces projets auprès des propriétaires privés tout en s'appuyant sur des processus et des solutions industrialisées – il est possible de s'appuyer sur le « Passeport efficacité énergétique ».

4-Adaptation aux conséquences du réchauffement climatique

a. Objectifs

Afin de renforcer la résilience territoriale pour mieux absorber les chocs :

- Adapter nos villes et nos territoires à une nouvelle réalité climatique, caractérisée notamment par la hausse des températures, en modifiant nos pratiques de conception et de construction des espaces, en privilégiant les stratégies évolutives et modulaires et en favorisant la cohésion sociale.
- Assurer l'appropriation des enjeux d'adaptation par les acteurs du territoire, qui ont un rôle prépondérant à jouer dans la mise en œuvre de stratégies d'adaptation en fonction des spécificités locales², et créer les outils de gouvernance permettant l'intégration de cette problématique aux politiques territoriales de manière transverse (infrastructures, équipements publics, mais aussi activités économiques).
- Favoriser l'émergence de dispositifs de gouvernance associant la population au travers de processus de co-construction des solutions afin de favoriser une meilleure appropriation et acceptation des mesures d'adaptation. Face à des phénomènes complexes et évolutifs modifiant de manière radicale notre cadre de vie, les stratégies d'adaptation collective sont de nature à faire émerger localement les réseaux de solidarité favorables à la résilience des populations.
- Renforcer la culture de la prévention des risques et de l'assurance des infrastructures publiques face à ces risques.
- Adapter le droit de l'urbanisme et le régime de propriété intellectuelle concernant les ouvrages de bâtiment et de travaux publics pour faciliter leur adaptation en fonction des besoins de la collectivité et de l'évolution des conditions environnementales et d'usage.
- Assurer l'adaptation des espaces publics aux nouvelles conditions du régime climatique : assurer la résistance des infrastructures aux différents chocs.
- Assurer l'accessibilité aux services essentiels (éducation, santé, commerces de première nécessité...) en conditions dégradées (sans l'usage de la voiture individuelle par exemple) au travers d'un maillage fin du territoire.

² I4CE et Terra Nova, Adaptation au changement climatique : comment passer à la vitesse supérieure ?, 2019 (<https://www.i4ce.org/download/adaptation-au-changement-climatique-comment-passer-a-la-vitesse-superieure/>)

b. Moyens proposés

- Réaliser des plans de prévention des risques intégrant l'ensemble des risques climatiques (canicule, inondation, sécheresse, submersion marine, retrait-gonflement des argiles...) assortis de plans d'actions.
- Réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain et préparer la ville aux canicules au travers :
 - de la réduction de l'usage des moyens de transport thermique (cf. §2, Vers des « territoires de proximité »,
 - du travail sur le choix des matériaux de surface des voiries et bâtiment et notamment leur albédo,
 - de la « désimperméabilisation » des surfaces, de leur végétalisation et de la gestion de l'eau sur l'espace public,
 - de la création d'espaces refuges en cas de canicule (cours et zones d'ombre, places publiques, squares et parc, berges, fontaines et plans d'eau...) : assurer à chaque habitant l'accès à un espace de rafraîchissement à 10 min à pied (parcs, cours, place ombragée, fontaines et miroirs d'eau « baignables »...).
- Renforcer les coopérations : soutenir le tissu associatif et citoyen local, mettre en réseau les acteurs de la transition et de la solidarité, créer du lien pour que l'écosystème soit en mesure de se coordonner pour proposer des solutions en cas de choc. Multiplier les réunions publiques d'information sur les risques locaux à l'échelon local.
- Maîtriser le développement démographique des zones littorales exposées aux risques d'érosion et de submersion marine et adopter des stratégies d'adaptation (comprenant le déplacement de certaines habitations) et de protection adaptées selon le contexte local.
- Systématiser les dispositifs de co-construction avec les citoyens pour l'élaboration des mesures d'adaptation. Envisager la création de mini-conventions locales de citoyens sur le modèle de la Convention citoyenne pour le climat.
- Révision du code de l'urbanisme et des règles de propriété intellectuelle concernant les bâtiments pour y intégrer les approches évolutives.

IV- Les Villes et territoires après transformation

1- Impacts sur l'aménagement du territoire :

- Après transformation, le PTEF et la mise en place d'une politique et d'une gouvernance forte en matière d'aménagement du territoire a permis d'aboutir à une répartition plus équitable de la population sur l'ensemble du territoire national. La taille des métropoles a diminué au profit des villes plus petites. Ce rééquilibrage a permis de réduire la distance entre lieux de production, de consommation et de loisir, sur la base des dynamiques générées par les créations et destructions d'emploi du PTEF.
- Pour accompagner la transformation, une refonte globale de l'organisation territoriale a été imaginée sur le modèle des « biorégions », autrement dit des territoires dont les limites ne sont pas définies par des frontières politiques, mais par des limites géographiques, et en fonction des ressources disponibles et des flux dépendants de ces ressources. Cette réorganisation est notamment venue répondre au besoin de donner une cohérence au système de production et de distribution alimentaire, qui a restructuré le monde du travail. Elle a accompagné, dans une perspective de sobriété, les dynamiques générées par les créations et destructions d'emploi du PTEF.

2- Impacts en termes de résilience

- Le mot d'ordre de la proximité a remplacé celui de la densité, notamment pour endiguer les phénomènes d'îlots de chaleur urbain. Les territoires ont privilégié une densification ciblée à proximité des centralités, ou planifié des projets de création de nouvelles centralités à partir des tissus existants, dans une optique d'urbanisme « courtes-distances » et d'organisation régionale polycentrique. Pour parvenir à dédensifier les zones très urbaines tout en réduisant les distances, l'aménagement urbain privilégie la multifonctionnalité des quartiers et des îlots, permettant de reconnecter les espaces fonctionnels de vie, de travail et de loisirs.
- Les mobilités, notamment carbonées, ont largement diminué, au profit des modes actifs et des transports collectifs permis par l'urbanisme de proximité. Les territoires sont aujourd'hui maillés par des chemins, des sentiers piétons et des vélo-routes. Les moyens de transports sont principalement de basse technologie (marche à pied, vélo, vélo ou scooter électrique, traction animale), mais pour les longues distances, les réseaux ferré et routier ont été maintenus et adaptés dans leur maillage à la nouvelle organisation territoriale. Les tramways et trains sont néanmoins moins puissants et moins rapides que par le passé, et contiennent systématiquement, avec les voyageurs, des produits alimentaires et de première nécessité. De nouvelles offres ont émergé pour correspondre à tous les usages : vélo taxi, vélo cargo en libre-service, logistique urbaine à vélo, etc.
- L'espace public libéré de la voiture a permis de créer des points logistiques intermédiaires facilitant la « cyclo-logistique » ou encore des zones de convivialité et de rencontre servant de refuges accessibles aux citoyens en cas de canicule, de dynamiser les activités de restauration et petits commerces (en permettant par exemple l'extension des terrasses à la place des places de stationnement automobile). La végétation en pleine terre des espaces publics a augmenté, améliorant ainsi la biodiversité et le confort thermique.

- Pour faire face aux tensions pesant sur le système alimentaire (du fait de la contraction de l'approvisionnement énergétique et des différents facteurs environnementaux), l'urbanisme est pensé comme un facilitateur de la résilience alimentaire. Le sol est devenu un bien commun dont la préservation fait l'objet d'une gestion collective. L'artificialisation des sols a été interdite en 2021, et de nombreuses actions ont été menées pour préserver les terres agricoles : inventaire du foncier mobilisable pour l'agriculture, limite drastique des zones ouvertes à l'artificialisation dans les documents d'urbanisme, multiplication des Zones agricoles protégées (ZAP) qui s'imposent aux documents d'urbanisme.
- Dans cette même perspective, les politiques d'aménagement et d'urbanisme ont été ajustées pour réduire le besoin d'artificialisation : réutilisation des sols déjà artificialisés, densifications ciblées, démolitions si nécessaire, recyclage des matériaux et des biens, déploiement de l'habitat léger, taxes sur les logements vacants, aides à la rénovation.
- Les métiers de l'aménagement, de l'architecture et de la construction ont été transformés en une véritable industrie du recyclage et de la rénovation urbaine (transferts massifs de chiffre d'affaires des entreprises du BTP et des maîtres d'œuvre, formation initiale et continue dans le public et le privé, évolution réglementaire, modèles économiques). Cette transformation majeure du secteur a permis d'assurer la qualité architecturale des bâtiments, leur sobriété énergétique et leur résilience dans un contexte de tension énergétique et de réchauffement climatique. Les logements sont très peu énergivores et confortables en hiver comme en été, y compris lors des canicules extrêmes de plus en plus fréquentes.
- La politique du logement a été réorientée vers un objectif sobre de réponse à la demande de logements abordables et de qualité, notamment dans les secteurs en tension, et dans les périphéries densifiées. La disponibilité de logements proches des nouvelles zones d'emploi contribue à réduire la demande de déplacements.
- De nombreuses actions ont donc été menées dans l'optique de développer un urbanisme favorable à la santé : renaturation des secteurs urbains et friches en déshérence, cartographie de l'exposition des populations aux différentes nuisances et pollutions, état initial de la qualité de l'air dans le diagnostic du PLU, éloignement des bâtiments recevant du public des zones d'émissions de polluants, lutte contre les logements indignes et insalubres, protection des sources d'eau et de la végétation.
- Les nouvelles pratiques urbanistiques ont progressivement intégré la problématique énergétique et le besoin de sobriété, en s'appuyant sur des technologies sobres, robustes et conviviales. Cet urbanisme low-tech a notamment été permis par la nouvelle organisation territoriale (qui a considérablement réduit les distances parcourues), par la coopération qui a permis une montée en compétences collective autour de savoir-faire artisanaux, une mutualisation des connaissances et des ressources. Cet urbanisme est aussi passé par d'autres actions sur la mobilité (déploiement de voies et de places de stationnement pour les modes actifs, des zones à faible émission, des zones de rencontre, « code de la rue », pédibus et vélobus pour les élèves des écoles, développement de l'intermodalité et rationalisation des dispositifs de livraison) ainsi que sur la sobriété énergétique dans l'espace public (fin des écrans publicitaires numériques, des terrasses chauffées, modulation intelligente de l'éclairage public), ou dans le bâtiment (matériaux biosourcés, recyclage des matériaux, des biens).