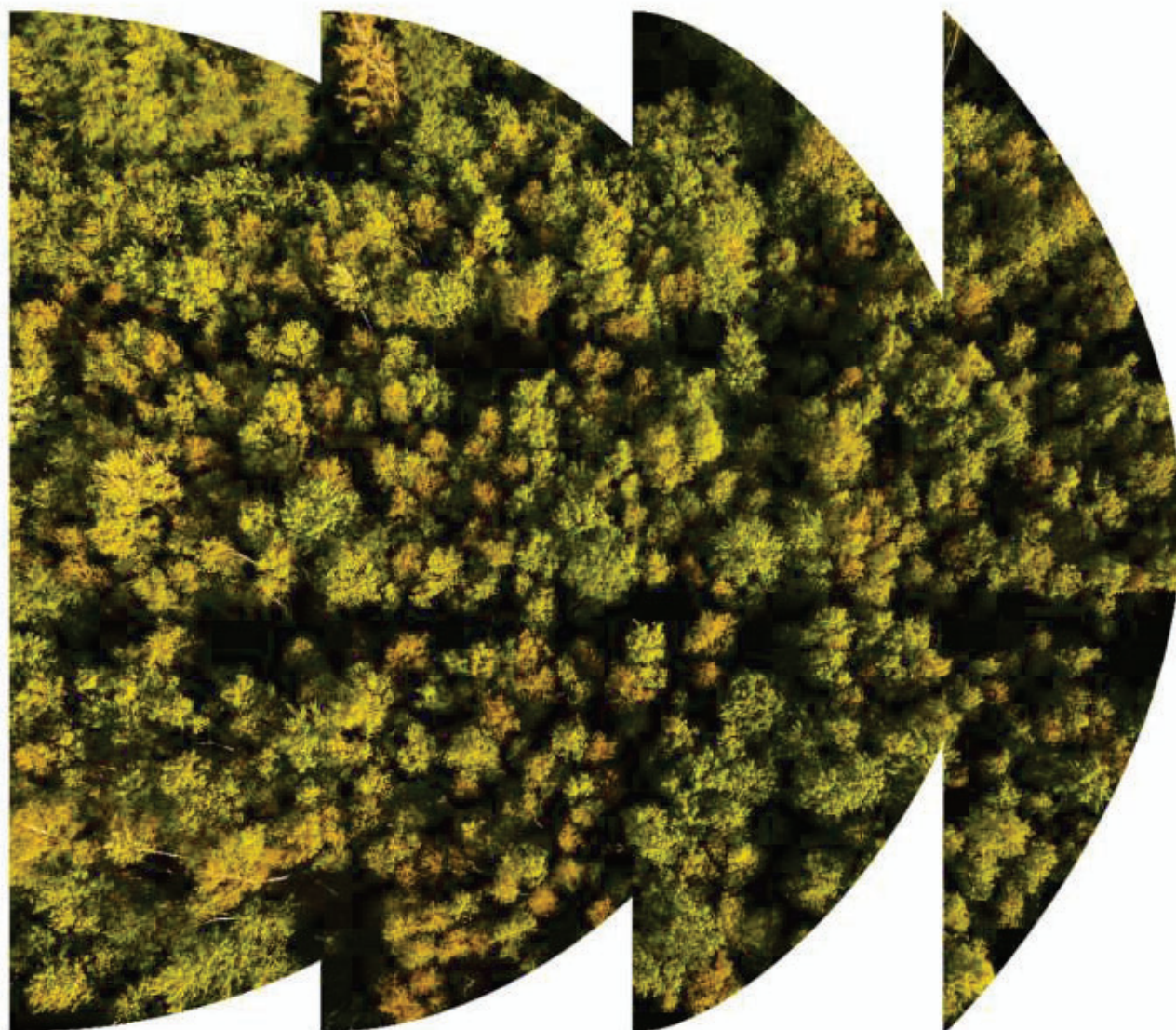


PRÉSERVER LES PUIITS DE CARBONE

AGRICULTURE

DANS LE CADRE DE NOTRE
PLAN ROBUSTE POUR L'ECONOMIE FRANCAISE



Les forêts, les prairies et les terres cultivées ont en commun une capacité précieuse : celle de stocker naturellement du carbone³⁸⁷. Grâce à la photosynthèse³⁸⁸, les plantes chlorophylliennes³⁸⁹ convertissent une partie du carbone atmosphérique en carbone organique, qui se répartit ensuite dans plusieurs compartiments des écosystèmes agricoles et forestiers : la **biomasse aérienne** (arbres, feuilles, tiges...), la **biomasse racinaire** et les **sols**³⁹⁰. Les forêts et les terres agricoles abritent ainsi des **stocks** importants de carbone. **Ils peuvent également être vecteurs d'un stockage additionnel** lorsqu'ils captent, dans la durée, plus de carbone qu'ils n'en rejettent : ils constituent alors des **puits** de carbone³⁹¹.

Les **écosystèmes agricoles et forestiers représentent aujourd'hui des puits nets de carbone en France, estimés à - 37 MtCO₂e pour l'année 2023** [276]. Cela leur confère un rôle important dans l'atténuation du changement climatique : ils compensent ainsi une partie des émissions des autres secteurs. Les quantités séquestrées ne représentent toutefois que 10% du total des émissions nationales et se sont fortement érodées depuis 2013 (- 26 %). Côté **agricole**, seules les prairies constituent encore un puits de carbone (- 4 MtCO₂e), tandis que terres cultivées sont nettement émettrices (+ 12 MtCO₂e). Cette situation s'explique notamment le recul des surfaces en prairies permanentes³⁹², le déploiement limité des pratiques stockantes (couverts intermédiaires, haies...) ou encore par l'artificialisation des sols. L'évolution est tout aussi préoccupante pour la forêt française, dont le puits a été réduit de près d'un tiers au cours de la décennie passée. Cet affaïssissement s'explique principalement par une **hausse de la mortalité des arbres**³⁹³, ayant doublé en dix ans, ainsi que par **leur croissance ralentie**³⁹⁴, sous l'effet combiné des incendies, des sécheresses ou encore des maladies – tels que les scolytes s'attaquant aux épicéas. Les puits de carbone naturels sont ainsi fragilisés et menacés avec la poursuite du dérèglement climatique, ce pourquoi la SNBC 3 [319] ne compte plus désormais que sur 24 MtCO₂e de puits naturels à horizon 2050 [319], contre 67 MtCO₂e dans la version précédente³⁹⁵.

³⁸⁷ Cette capacité à séquestrer du carbone atmosphérique est également partagée par les océans, les marais côtiers, les zones humides, le phytoplancton ou encore des roches sédimentaires.

³⁸⁸ C'est le processus par lequel les plantes synthétisent des matières organiques grâce à l'énergie lumineuse, en absorbant le gaz carbonique de l'air et en rejetant l'oxygène.

³⁸⁹ Cela concerne l'essentiel des plantes, qui contiennent de la chlorophylle dans leurs feuilles, ce qui leur permet de faire la photosynthèse.

³⁹⁰ Le carbone n'atteint ces derniers qu'indirectement, lors de la décomposition des résidus végétaux et des racines. Il s'incorpore alors à la matière organique des sols et contribue à leur fertilité.

³⁹¹ Le carbone additionnel est notamment lié au déploiement de certaines pratiques, tels que l'introduction de haies, de dispositifs d'agroforesterie (lignées d'arbres au sein de parcelles agricoles) ou encore de prairies temporaires. Ce carbone accumulé se loge aussi bien dans la biomasse aérienne et racinaire (croissance des arbres et des racines) que dans le sol (accumulation de matière organique stable).

³⁹² Ces pertes de surfaces en prairies sont liées au recul des systèmes bovins herbagers, qui est abordé plus en détail dans le chantier consacré à l'élevage.

³⁹³ La mortalité des arbres a doublé en dix ans : elle est passée en moyenne de 7,4 millions de mètres cubes (Mm³/an) pendant la période 2005-2013 à 15,2 Mm³/an entre 2014 et 2022 : [474].

³⁹⁴ La croissance de la biomasse forestière a ralenti en moyenne de 4% sur la décennie passée (de 91,5 Mm³/an en 2005-2013 à 87,9 Mm³/an en 2014-2022), ce qui peut paraître faible, mais a un impact équivalent que le doublement de la mortalité forestière quant à la diminution du puits de carbone forestier : [325]

³⁹⁵ Cette trajectoire baissière souligne plus globalement les caractères réversible, temporaire et fragile du carbone stocké dans les sols et dans la biomasse, susceptible d'être réémis dans l'atmosphère en cas de changement d'affectation des sols, de pratiques inadaptées ou d'aléas naturels.

Ces constats éclairent la nécessité de préserver les stocks de carbone existants et de maintenir ou de reconstituer leur capacité de puit, en consolidant la résilience des écosystèmes concernés, en particulier celle des forêts et des prairies permanentes³⁹⁶.

Stockage de carbone en agriculture : préserver le stock, restaurer le puit

Préserver les stocks de carbone existants

Au regard de la fragilisation, voire du renversement, des puits de carbone agricoles, la préservation des stocks existants devient une priorité. Cela implique tout d'abord le maintien des surfaces en prairies, qui abritent des stocks de carbone conséquents dans leurs sols (84,6 tC/ha en moyenne pour les prairies permanentes, contre 51,6 tC/ha pour les grandes cultures [320]) et comptent parmi les rares écosystèmes agricoles à jouer encore un rôle de puits net, avec les vergers et les plantations ligneuses³⁹⁷. Or, ces surfaces ont reculé de près de 4 millions d'hectares en 40 ans [321], principalement sous l'effet du déclin des systèmes herbagers et de la conversion de prairies en cultures annuelles. Enrayer cette érosion et mieux soutenir les formes d'élevage valorisant les prairies constitue donc un enjeu critique (cf. [Chantier Elevage](#)).

Ce constat vaut également pour d'autres infrastructures stockantes, qui sont soit menacées (haies, paysages de bocage) soit faiblement développées (agroforesterie). Si ces éléments ligneux sont performants en matière de stockage, ils sont en contraction constante avec des pertes estimées à 23 500 km³/an entre 2017 et 2021 [322], et cela en dépit du déploiement de dispositifs de soutien et de programmes de plantations nationaux [323]. Inverser cette tendance permettrait non seulement de prévenir le déstockage de carbone, mais également la perte d'une cascade de bénéfices écosystémiques : biodiversité, protection des sols et des masses d'eau ou encore amortissements des extrêmes climatiques.

Il apparaît par ailleurs essentiel de mettre fin aux pratiques déstockantes à l'avenir, parmi lesquelles le retournement de prairies ou l'artificialisation des sols. Ce dernier phénomène est particulièrement problématique, puisqu'il conduit à la perte définitive et irréversible du puit lorsque les sols sont imperméabilisés.

Déployer massivement les pratiques stockantes additionnelles

Outre la préservation des stocks existants, la constitution d'un puits implique aussi le déploiement de pratiques stockantes afin d'accumuler du carbone additionnel. Le potentiel attaché à ces pratiques a été quantifié dans une publication récente [320] sur laquelle s'appuie l'analyse suivante.

Des potentiels de stockage additionnel élevés en grandes cultures

Du fait de stocks initiaux relativement bas, les systèmes de grandes cultures présentent un potentiel de stockage additionnel élevé dans les sols, estimé à 18 MtCO₂e/an. Cela s'explique par la faible présence de haies et d'agroforesterie dans les territoires de grandes

³⁹⁶ Plus généralement, les infrastructures stockantes agricoles et forestières sont précieuses pour de multiples raisons : production alimentaire, fourniture de matériaux bois, protection des sols et des masses d'eau, préservation de la biodiversité, ou encore rôle des forêts dans le champ social (espace de vie et de loisir, propriétés familiales dans le cas de forêts privées, marqueurs d'identité culturelle et territoriale...).

³⁹⁷ Les éléments ligneux (arbres, bosquets, haies...) sont des plantes dont le principal matériau de structure est le bois qu'elles fabriquent.

cultures (Bassin parisien, plaine picarde...), ainsi que par l'adoption de pratiques peu favorables au stockage de carbone (labour, absence de couverts intermédiaires, faible recours aux engrais organiques...), excepté dans les systèmes en agriculture de conservation (ACS)³⁹⁸, mais ceux-ci ne concernent que 4% des surfaces cultivées [324].

Dès lors, plusieurs pistes se dessinent pour accroître le stockage de carbone dans les territoires de grandes cultures. L'un des leviers majeurs consiste en la généralisation des **couverts intermédiaires**³⁹⁹, associée à un potentiel conséquent, de **7,3 MtCO₂e/an**, compte-tenu des millions d'hectares qui pourraient encore être investis. S'ajoute à cela la possibilité d'intégrer des éléments ligneux, tels que les **haies** ou de l'**agroforesterie** intra-parcellaire, avec des potentiels respectifs par surface de **1 tCO₂e/ha/an** et **4 tCO₂e/ha/an**. A la différence des couverts intermédiaires, ces dispositifs stockent l'essentiel du carbone dans leur biomasse aérienne (tronc, branches, feuilles)⁴⁰⁰ et sont susceptibles de contribuer à la décarbonation d'autres secteurs, par exemple via du bois-énergie utilisé dans le chauffage à la place du gaz ou du fioul.

Un autre levier est l'insertion des **prairies temporaires** dans les rotations, ou l'allongement de leur durée d'exploitation lorsqu'elles existent déjà. Ce levier, associé à un potentiel de **3,1 MtCO₂e/an**, permet de reconstituer les stocks de carbone dans les sols de grandes cultures, d'autant plus si les prairies se substituent à des cultures de maïs fourrager. Ces prairies restent toutefois « temporaires », par définition, avec un risque de relargage du carbone stocké lors du rebascullement de ces surfaces en cultures annuelles, en particulier si celui-ci s'accompagne d'un labour profond.

D'autres leviers complémentaires peuvent également être activés, parmi lesquels le **remplacement de la fauche par du pâturage** en prairies permanentes, l'**enherbement des vignobles** ou encore **un meilleur recyclage des ressources organiques** (effluents d'élevage, boues de stations d'épuration), mais avec des potentiels de stockage additionnel plus limités à l'échelle nationale⁴⁰¹.

Une capacité de stockage limitée mêlée à des incertitudes quant à sa pérennité

Les sols présentent une capacité de stockage de carbone finie et tendent vers un état d'équilibre (seuil de saturation), qualifié de plateau, au-delà duquel leur capacité à stocker davantage devient marginale. Les travaux récents [320] soulignent toutefois des possibilités de stockage additionnel importantes et sur un horizon de 30 ans dans les territoires de grandes cultures, caractérisés par des sols relativement pauvres en carbone en France.

Par ailleurs, la pérennité de ce stockage constitue un enjeu majeur. Le carbone séquestré est en effet sujet à une certaine réversibilité, surtout lorsque la matière fraîchement ajoutée se dégrade trop vite sous l'effet des microbes, dans un processus appelé minéralisation. Chaque

³⁹⁸ Ces systèmes reposent sur trois piliers : la couverture maximale des sols, l'absence de labour et la diversification des espèces cultivées. Si ce triptyque est très favorable à la vie du sol et à l'accumulation progressive de carbone, il convient toutefois de préciser que l'agriculture de conservation reste souvent dépendante de l'usage d'herbicides chimiques, tels que le glyphosate, pour gérer les mauvaises herbes.

³⁹⁹ Les couverts intermédiaires sont constitués d'un ensemble de plantes semées ou spontanées dont l'objectif est d'occuper le sol entre deux cultures

⁴⁰⁰ 80% du carbone stocké dans des lignes agroforestières se situent dans la biomasse aérienne, c'est 93% dans le cas du carbone stocké dans les haies.

⁴⁰¹ Pour les effluents d'élevage, ce gisement supplémentaire est en effet très réduit car la quasi-totalité de ces matières fait déjà l'objet d'un retour au sol. S'agissant des autres ressources, à savoir les composts ou les boues de stations d'épuration, bien qu'un surplus de biomasse soit effectivement mobilisable, son exploitation se heurte à des problématiques d'ordre sanitaire (présence de contaminants) et logistique liée aux distances de transport.

sol présente en outre une capacité très variable à séquestrer et à stabiliser durablement le carbone organique. Ce potentiel dépend à la fois de ses propriétés intrinsèques, tout particulièrement sa profondeur et sa teneur en argile, et des conditions climatiques. Ces dernières, notamment la température et le niveau d'humidité, agissent sur le rythme de décomposition de la matière organique par les micro-organismes du sol, et par extension, sur la stabilité des stocks de carbone.

Un nécessaire soutien économique et réglementaire

Le déploiement de pratiques stockantes s'accompagne de coûts supplémentaires pour l'agriculteur et d'une charge de travail additionnelle. C'est valable aussi bien pour les couverts intermédiaires, qu'il s'agit de semer et de détruire, ou pour les haies et les alignements agroforestiers, pour lesquels une gestion de long terme, des équipements (tronceuse, barre-sécateur) et des compétences spécifiques sont requis. A ce titre, un meilleur soutien économique est nécessaire pour encourager et accompagner ces pratiques stockantes. Les crédits carbones alloués sont souvent jugés insuffisamment rémunérateurs et excessivement lourds en charge administrative. En outre, une forte limite des dispositifs actuels est d'avoir été uniquement pensés pour valoriser le stockage additionnel de carbone, et non **le maintien du stock** lié à des bonnes pratiques dans des systèmes agricoles déjà fortement stockants, à l'image des prairies permanentes.

Des besoins de planification et de cohérence territoriale

La préservation des stocks de carbone agricoles et la reconstitution de puits implique **une gestion des conflits d'usages** de la biomasse. En effet, le secteur agricole sera également sollicité de manière croissante pour la production de bioénergies⁴⁰², en particulier de biogaz et de biocarburants liquides, dans le cadre de la décarbonation des autres secteurs. Un compromis doit ainsi être trouvé entre production alimentaire, retour au sol, stockage de carbone et production de bioénergies. Il y a par ailleurs un besoin de **cohérence spatiale** dans le déploiement des pratiques stockantes, avec des possibilités différenciées selon les contextes pédoclimatiques⁴⁰³. A titre d'exemple, le déploiement de cultures intermédiaires est entravé dans le Sud-Ouest par le manque d'humidité à l'automne.

Des savoir-faire spécifiques à acquérir

Le déploiement généralisé de pratiques stockantes requiert également des savoir-faire spécifiques. Dans le cas des couverts intermédiaires, une marge de progression existe en matière de mélanges pratiqués (sélection variétale insuffisante, manque de diversité des couverts...) et de types de semoirs utilisés. Les praticiens de l'agriculture de conservation font figure d'exception, étant plus matures en termes de gestion des couverts (plus de détails dans le chantier azote). S'agissant des haies ou des lignées d'arbres insérées dans les parcelles, l'enjeu réside dans la maîtrise des techniques de taille et d'entretien (élagage, recépage), ainsi que de gestion de la concurrence trophique entre ces structures ligneuses et les cultures de plein champ, en particulier pour l'eau et la lumière.

⁴⁰² Voir notre chantier sur les bioénergies

⁴⁰³ Ensemble des conditions climatiques (température et humidité) spécifiques à un sol ou à un terroir

Les forêts françaises : un stock et un puit conséquents mais fragiles, qu'il faut préserver et étendre

Une érosion préoccupante du puits forestier

Le constat est préoccupant : le puits forestier a été réduit de 30% sur la décennie passée, s'établissant à - 51 MtCO₂e en 2023, contre - 71 MtCO₂e en 2013 [276]. Ce recul ne signifie pas que les forêts françaises sont devenues émettrices ou que les stocks de carbone forestier ont diminué sur cette période, mais bien que **les stocks augmentent plus faiblement qu'auparavant**. Cette baisse peut surprendre, dans la mesure où les surfaces forestières n'ont cessé de s'étendre dans l'intervalle (+ 90 000 ha/an en moyenne [325], soit 9 fois la superficie de la ville de Paris), mais elle est **le reflet des préjudices grandissants associés au changement climatique**. Celui-ci contribue à la manifestation d'aléas climatiques (incendies, tempêtes), hydriques (sécheresses prolongées aggravées par les vagues de chaleur extrêmes) et biotiques (crises sanitaires et épidémiques) à la fois plus fréquents et plus intenses. À titre d'exemple, en 2022, ce sont près de 60 000 hectares de forêts et de terres boisées qui sont partis en fumée, dont 30 000 hectares situés dans le département de la Gironde [326].

Sur le front sanitaire, une crise majeure affecte les forêts françaises : le scolyte, un insecte qui s'attaque aux épicéas et aux sapins avec des effets dévastateurs, en particulier pour les arbres situés en zone de plaines. À ce titre, depuis 2018, on estime le volume de bois de crise à 37 Mm³ (22 en épicéa, 15 en sapin) et les surfaces touchées à 110 000 ha, chiffre à mettre en regard des 520 000 ha de peuplements d'épicéas et de sapins présents dans les régions concernées (massif du Jura, Alpes du Nord...) [327]. Les impacts sont ainsi visibles à l'échelle des paysages, des massifs forestiers, mais également sur la ressource en bois avec des flux d'approvisionnement perturbés et une qualité dégradée des produits. **A cela s'ajoutent d'autres problématiques sanitaires majeures, à l'image de la chalarose du frêne, de la maladie de l'encre du châtaignier, ou encore du nématode du pin**, qui fait peser une menace sérieuse sur les peuplements de pins maritimes dans les Landes en cas de propagation.

À l'échelle nationale, ces pressions conjuguées ont conduit à un doublement de la mortalité des arbres ainsi qu'à un ralentissement de leur croissance⁴⁰⁴. Ce phénomène, qualifié de « tempête silencieuse », est certes peu visible pour le grand public, mais très problématique pour les gestionnaires forestiers, qui disposent d'une moindre capacité à prélever du bois. La récolte plafonne en effet autour de 52 millions de m³ en moyenne sur la période 2015 - 2023. Cela correspond à 73 % de l'accroissement biologique net annuel [325], soit la différence entre la quantité de biomasse générée par les forêts françaises (accroissement biologique brut) et la mortalité forestière sur une année⁴⁰⁵. En outre, près d'un cinquième du puits forestier est lié actuellement au bois mort (10 MtCO₂e en 2023), autre conséquence de la santé dégradée et de la mortalité en hausse des peuplements forestiers⁴⁰⁶.

⁴⁰⁴ Entretien avec l'ONF

⁴⁰⁵ Comparer le niveau de prélèvement à l'accroissement biologique net permet d'évaluer la soutenabilité du prélèvement : un prélèvement supérieur à cet accroissement net entraînerait une diminution du stock total de bois, réduisant la biomasse sur pied et affaiblissant le rôle de puits de carbone de la forêt.

⁴⁰⁶ Cette dimension accentue la fragilité du puits actuel, déjà en déclin, dans la mesure où le carbone entrant n'est pas lié à un renforcement durable de la séquestration au sein de forêts en bonne santé, mais à un stockage très provisoire et appelé à décroître rapidement lors de l'oxydation du bois mort.

Dans ce contexte de dépérissement, certains territoires forestiers, qui constituaient historiquement des puits, sont désormais émetteurs nets, à l'image du Grand Est [328]. Il devient ainsi urgent d'adapter les espaces forestiers afin de les rendre plus résilients à cette cascade de risques, appelés à s'intensifier et à se généraliser dans les décennies à venir.

En outre, à l'exception de quelques récents travaux (étude IGN-FCBA, SNBC 3), les exercices de prospective forestière intègrent encore rarement les sols dans le calcul du puits de carbone. Cette exclusion ne s'explique pas par une absence de stockage, celui-ci s'élevant en moyenne à 81 tC/ha dans les 30 premiers centimètres des sols forestiers [329], mais par les fortes incertitudes entourant l'évaluation des flux de carbone annuels dans ces sols. À ce titre, l'étude de référence IGN-FCBA préconise, par prudence, de retenir **une valeur moyenne de 200 kgC/ha/an pour le puits associé aux sols forestiers**. Ce dernier peut être consolidé par l'extension des surfaces forestières et la généralisation de pratiques sylvicoles plus respectueuses des sols : **limitation du tassement des sols** (mise en place de cloisonnements⁴⁰⁷, recours à des engins plus légers, développement du débardage par câble⁴⁰⁸), **maintien de biomasse forestière au sol** (souches, racines, menu bois et feuilles maintenus au sol lors de la récolte...). Il convient toutefois de souligner que les gains de stockage potentiels restent circonscrits aux jeunes forêts et aux sols encore relativement pauvres en carbone. En outre, ce puits est menacé par le changement climatique, qui pourrait accélérer le rythme de minéralisation de la matière organique et, par extension, fragiliser les capacités stockantes des sols forestiers.

Le morcellement de la forêt privée, un obstacle majeur à sa mise en gestion et à son adaptation au changement climatique

En France hexagonale et en Corse, la forêt s'étend sur environ 17,6 millions d'hectares, soit 32% du territoire national. Les trois quarts des surfaces appartiennent à des propriétaires privés (3,3 millions de propriétaires) tandis que le quart restant relève de l'État (forêts domaniales) et de collectivités territoriales (forêts communales, départementales et régionales) [325]. Si la gestion de la forêt publique est majoritairement assurée par l'Office national des forêts (ONF), le tableau se révèle plus complexe pour la forêt privée, particulièrement morcelée : une minorité de grands propriétaires (2%) se partage la moitié des surfaces, tandis que les deux tiers des propriétaires détiennent des parcelles de moins d'un hectare [330]. Souvent issues d'héritages et dispersées géographiquement, ces petites unités se prêtent mal à un suivi actif de la part de leurs propriétaires. Cette configuration limite ainsi les possibilités de gestion des forêts privées françaises, puisque **seules les exploitations de plus de 20 ha sont actuellement tenues de remettre un plan simple de gestion (PSG) sylvicole au CNPF** (Centre national de la propriété forestière), ce qui ne couvre que 27% des surfaces forestières privées. Ce constat explique pourquoi une **infime partie de propriétés (celles dépassant les 100 ha, soit 0,3% des propriétés) assure aujourd'hui 60% de la production nationale de bois d'œuvre et de bois d'industrie** [331]. La situation s'inverse toutefois pour le bois-énergie, dont les gisements proviennent aux deux tiers de forêts privées de moins de 10 ha [332].

⁴⁰⁷ Les cloisonnements sont des passages ouverts au sein des parcelles pour y permettre l'accès. Installés de façon cohérente, ils canalisent les engins lors des coupes de bois et limitent le tassement du sol.

⁴⁰⁸ Le débardage par câble est une technique d'extraction des arbres en forêt qui permet de récolter du bois tout en minimisant l'impact sur le sol. Au lieu d'être extrait par des engins (tracteurs débardeurs, débardeuses), le bois est tiré sur le sol ou porté, suspendu à un câble.

Face à ces enjeux, il est crucial de mieux accompagner les petits propriétaires dans une gestion active de leurs forêts en encourageant des regroupements sous différentes formes : associations syndicales libres de gestion forestière, groupements forestiers citoyens et écologiques, remembrement (concentration de la propriété par acquisition)... L'objectif est de mutualiser les surfaces pour justifier économiquement la mise en place d'une sylviculture active et de filières locales. Une telle dynamique permettrait de **rendre ces forêts plus résilientes au changement climatique, de fournir du bois pour des débouchés locaux ou encore de freiner le déclin des scieries spécialisées dans les feuillus** (dont les effectifs ont chuté de 42% en dix ans) [333, 325] : ces essences représentent les deux tiers du volume de bois sur pied [325] (1,9 milliard de m³) dans les forêts françaises, mais sont aujourd'hui sous-exploitées car majoritairement situées sur de petites propriétés.

Concilier la résilience des forêts et leur contribution à la décarbonation d'autres secteurs : un arbitrage délicat ?

Le triptyque « séquestration – stockage – substitution » met en évidence la triple contribution des forêts à l'atténuation du changement climatique. En effet, les forêts permettent à la fois la **séquestration** de carbone, matérialisée par l'accumulation de carbone organique dans les sols et la biomasse des arbres, un **stockage** de carbone à plus ou moins long terme dans les produits fabriqués à partir de bois, ainsi qu'un effet de **substitution** lorsque le bois est utilisé à la place de matériaux très carbonés (acier, béton) ou d'énergies fossiles. A titre d'exemple, la mobilisation de bois matériau (bois d'œuvre, panneaux bois...) en substitution de ciment contribue à la décarbonation du secteur de la construction. **Le bilan climatique du secteur forestier ne s'apprécie donc pas uniquement à l'aune des pratiques sylvicoles déployées en forêt, mais également des usages finaux du bois prélevé** ; le débouché optimal sous l'angle carbone étant la valorisation du bois dans des produits à longue durée de vie (charpentes par exemple).

Cette règle des 3S (séquestration, stockage, substitution) peut toutefois être déclinée de plusieurs manières. Une première approche consiste à laisser les forêts « vivre leur vie », c'est-à-dire, à limiter le plus possible les coupes de bois en vue de maximiser la séquestration de carbone et ses multiples co-bénéfices environnementaux (biodiversité, qualité des sols...). A l'inverse, une autre approche consiste à pratiquer une sylviculture plus dynamique, à l'appui d'un prélèvement « raisonnable » de la ressource bois, afin de jouer pleinement la carte du stockage dans les produits bois et de l'effet de substitution, précieux pour la décarbonation d'autres secteurs, tels que la production de chaleur ou la construction. Dans cette optique, maintenir un certain niveau de prélèvement du bois est nécessaire, dans la mesure où les sols forestiers ne peuvent pas stocker indéfiniment et admettent un plateau, au-delà duquel les gains sont très limités.

Il pourrait ainsi être pertinent de prélever du bois tout en procédant à de nouvelles plantations dans les territoires forestiers proches de la saturation, mais de privilégier plutôt la séquestration additionnelle et la non-intervention là où le potentiel de captation reste important. Les compromis à trouver seront influencés à la fois par les priorités fixées (séquestration additionnelle, fourniture de bois à différentes industries, effort d'adaptation...) et les horizons de temps retenus.

Les principales mesures d'adaptation à activer pour les forêts françaises

Si les forêts françaises abritent 138 essences d'arbres différentes, soit 75% des essences présentes en Europe, cela ne se traduit pas par une forte diversité à l'échelle des peuplements forestiers. En effet, près de la moitié des surfaces est constituée de peuplements « purs », dans lesquels une essence représente les trois quarts du couvert [334]. A ce titre, des efforts de diversification seraient à engager afin d'accroître la résilience des écosystèmes forestiers aux aléas de nature climatique, hydrique et biotique. La diversification renforce en effet la résilience des forêts en répartissant les risques entre des essences aux vulnérabilités différentes, ce qui limite les dépérissements massifs face à des séquences de sécheresse ou d'attaques de ravageurs.

Une large gamme d'options est activable, incluant notamment le **déploiement de combinaisons d'essences plus robustes**. À titre d'exemple, l'association du cèdre et du chêne pubescent peut permettre de mieux résister aux stress hydriques. Il n'existe toutefois pas de couple idéal d'essences ; l'intérêt réside plutôt dans la **constitution de peuplements mélangés et structurés en mosaïque**. Pour limiter les risques d'incendie, d'autres leviers sont également pertinents, à l'instar de l'**aménagement de couloirs de discontinuité et de pares-feux végétalisés** composés d'essences moins inflammables afin de ralentir la progression des flammes. En complément, la **migration assistée** apparaît également comme une piste prometteuse, par exemple en introduisant des essences ou des provenances (graines d'arbres) plus méridionales et résistantes à la chaleur au sein de stations forestières encore tempérées. D'autres pratiques sylvicoles durables peuvent également être encouragées : **bocage forestier, forêt mosaïque, sylviculture irrégulière, sylviculture à couvert continu...**

Cependant, cette quête de diversification est un processus au très long cours, limitée par la part de forêts plantées en France, estimée à environ 13% par l'IGN. Elle est aussi conditionnée aux spécificités des stations forestières⁴⁰⁹, autrement dit au sol, au climat et à la disponibilité en eau à chaque localisation. Il y a également une inertie inhérente aux systèmes forestiers dans la mesure où la diversification ne peut s'effectuer qu'à des moments clés de la gestion sylvicole, comme lors des coupes de régénération.

Des obstacles puissants à la diversification des forêts

L'un des premiers freins est d'ordre économique, dans la mesure où l'essentiel des essences de bois réintroduites actuellement à des fins de diversification sont des essences feuillues (chênes, hêtres...). Or, ces dernières ont des cycles de développement très longs et sont plus difficilement valorisables pour les filières en aval, en raison notamment d'une plus grande variabilité de la qualité des essences feuillues par rapport aux essences résineuses. A titre d'exemple, le secteur des scieries fonctionne presque exclusivement à partir de bois résineux à l'heure actuelle.

Par ailleurs, la **densité excessive des grands ongulés (cerfs, chevreuils, sangliers...)** dans certaines forêts françaises, qualifiée de **déséquilibre sylvo-cynégétique**, constitue un autre obstacle majeur à la diversification. Ces animaux sauvages s'attaquent en effet aux jeunes essences, encore à des stades vulnérables, compromettant ainsi les possibilités

⁴⁰⁹ Une station forestière est une étendue de terrain de superficie variable (quelques mètres carrés à plusieurs dizaines d'ha), homogène dans ses conditions physiques et biologiques. Elle justifie, pour une essence déterminée, une sylviculture précise avec laquelle on peut espérer une productivité comprise entre des limites connues.

de diversification des forêts. Ce problème est accentué par le changement climatique qui tend à augmenter les facultés reproductrices du grand gibier. Dans ce contexte, plusieurs pistes se dégagent pour revenir aux « populations d'équilibre », parmi lesquelles l'élaboration de plans de chasse mieux ciblés, la réintroduction de prédateurs (loups, lynx, ours...) ou encore la redirection des grands ongulés vers des zones moins denses en arbres appétants.

De forts enjeux d'emploi et de compétences

La préservation des forêts et de leur capacité de stockage à long terme a également des implications sur le terrain de l'emploi et des besoins de formation. A ce titre, les représentants du secteur consultés estiment que l'on pourrait manquer à l'avenir d'entreprises de travaux forestiers (ETF) ou d'ouvriers sylvicoles pour récolter le bois. Il y a par ailleurs un enjeu pour les gestionnaires forestiers à **s'approprier les pratiques de sylviculture proches de la nature**, notamment celles relatives aux techniques de coupes plus complexes (coupes de jardinage, régénération naturelle assistée...) ou à l'implantation et à l'entretien de combinaisons d'essence plus résilientes au changement climatique. Il s'agit également de mieux diffuser les outils d'aide à la décision relatifs aux bonnes pratiques sylvicoles : outils d'évaluation et de protection des sols (For-Eval [335], Pratic'sols [336]...) ou ciblés sur les modalités de récolte raisonnée à adopter (Gerboise [337] par exemple). Le besoin d'assimilation de nouvelles compétences concerne aussi les filières en aval (scierie, construction, menuiserie, panneaux), appelées à valoriser de nouvelles essences de bois. Un autre défi majeur pour les acteurs forestiers réside dans la capacité à agir et à faire évoluer les pratiques professionnelles dans un secteur marqué par l'incertitude et des échelles de temps particulièrement longues propres aux cycles forestiers (voir Figure 13).

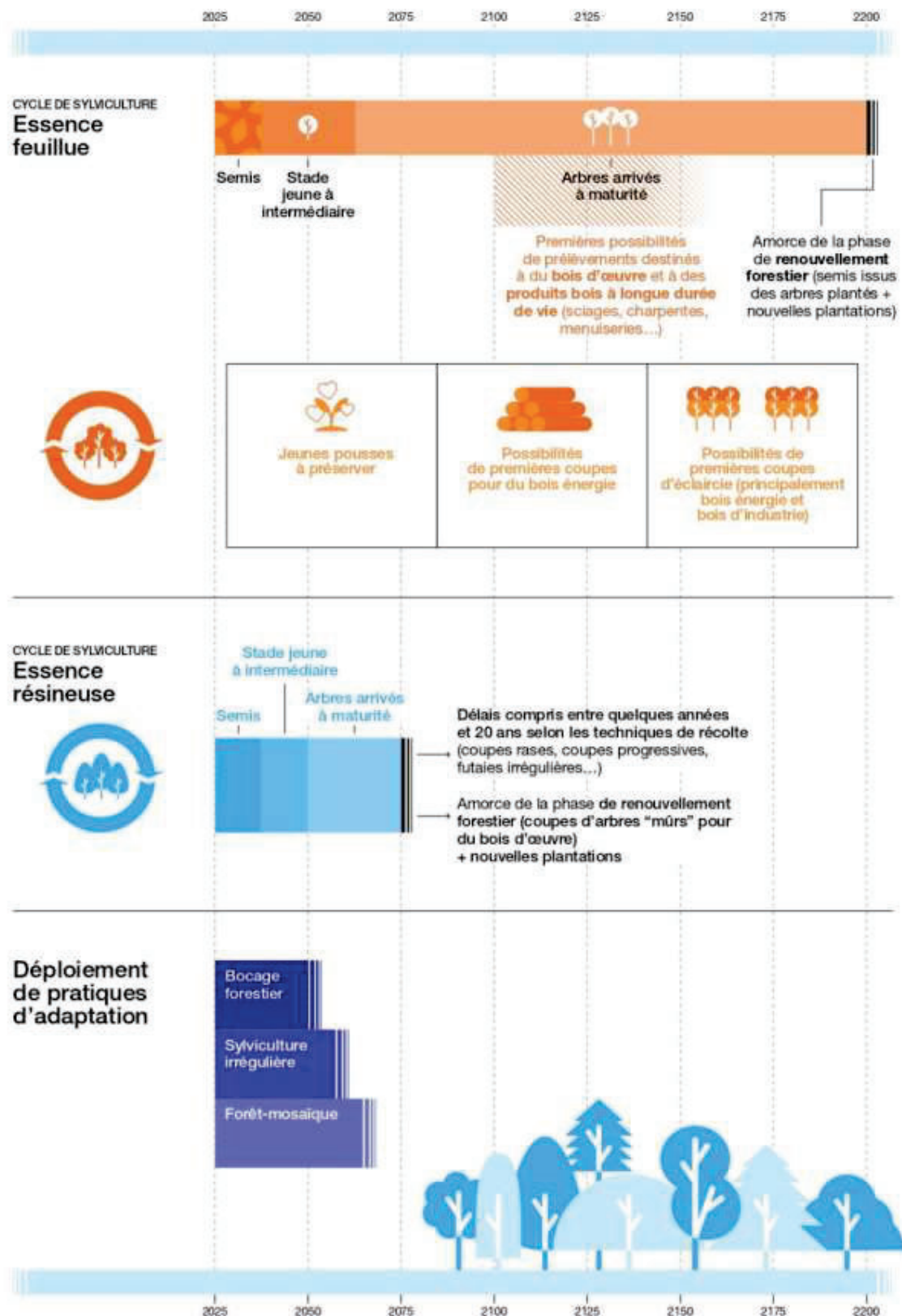


Figure 13 : Echelles de temps des cycles forestiers – The Shift Project

Besoin d'une planification spatiale cohérente et concertée avec les territoires

La préservation des forêts à long terme implique également un travail de planification des paysages forestiers afin de prévenir notamment des pertes sèches de surfaces forestières, dues à un manque d'adaptation, et de **planification des usages du bois afin d'éviter des concurrences d'usage sur la ressource entre filières**. Dans cette optique, il apparaît crucial d'engager un renouvellement dynamique des peuplements forestiers, en particulier dans les forêts les moins diversifiées ou très vulnérables, en tenant compte des spécificités des stations forestières et du complexe climat – sol – écosystème local. Cela concerne par exemple les Landes de Gascogne, les forêts résineuses de basse et moyenne altitude du Grand Est et du Jura, ou encore certaines forêts méditerranéennes soumises à une forte pression incendie. Toutefois, les effets éventuels en termes d'amélioration du puits de carbone ou de volumes de bois disponibles pour le prélèvement ne se manifesteraient pas avant plusieurs décennies.

Les acteurs consultés plaident également pour le déploiement de politiques publiques incitatives (aides au renouvellement et à la plantation, aides fiscales sous conditions de biodiversité...) pour les gestionnaires forestiers, de même que pour un meilleur accompagnement des filières en aval, en particulier les scieries, aujourd'hui très axées sur la valorisation des bois résineux.

En outre, ils appellent à consolider le suivi assuré par les cellules biomasse régionales afin de prévenir des conflits d'usage sur la ressource en bois, convoitée pour une multiplicité d'usages, qu'il s'agisse de la production de chaleur, de bois d'œuvre, voire de bioénergies avancées (syngas, biocarburants 2G), ce qui pourrait constituer à l'avenir un puissant facteur de déstabilisation du secteur. En agriculture, c'est la stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB) qui fait référence [316], accordant une priorité aux usages alimentaires et écologiques (santé des sols, stockage de carbone) de la biomasse, devant les usages matières et énergétiques⁴¹⁰. Dans le cas spécifique des forêts, la directive européenne RED III consacre un principe d'usage en cascade de la biomasse forestière, plaçant au sommet les usages écologiques⁴¹¹, suivis des produits bois à très longue durée de vie (charpente, menuiserie), du bois d'industrie (panneaux, papier), de la chimie verte et, enfin, du bois énergie. Une distinction importante doit toutefois être opérée au sein de ce dernier débouché : la filière historique du bois énergie, valorisant principalement des sous-produits et du bois récolté sur de jeunes arbres, ne saurait être assimilée à d'autres productions émergentes fortement consommatrices de matière ligneuse, telles que les biocarburants de deuxième génération, convoités notamment par les secteurs maritime et aérien⁴¹².

Conclusion

L'analyse des écosystèmes agricoles et forestiers révèle plusieurs dynamiques préoccupantes, au premier rang desquels **une forte vulnérabilité aux effets du changement climatique**, ainsi qu'une **capacité très fragilisée à constituer des puits de carbone**. Estimées à - 37 MtCO₂e en 2023, les capacités françaises de séquestration naturelle dans les

⁴¹⁰ Voir Chantier n°18 : Déployer les bioénergies de manière soutenable

⁴¹¹ Une partie de la biomasse, notamment résiduelle (branches, souches, feuilles), doit être maintenue en forêt afin de contribuer au stockage du carbone ainsi qu'à la préservation de la santé des sols et de la biodiversité forestière.

⁴¹² Voir Chantier n°5 : Décarboner le secteur aérien

sols et la biomasse se sont érodées de plus d'un quart sur la décennie passée. Cet affaissement nous rappelle que **le carbone stocké n'est pas une rente acquise** : il est placé dans des « réservoirs » naturels dynamiques et réversibles, vulnérables aussi bien au changement d'affectation d'usage des sols qu'aux assauts de plus en plus intenses, fréquents et étendus du dérèglement climatique.

En agriculture, le défi est double : il s'agit tout d'abord de **sanctuariser les stocks existants** en enravant la disparition des prairies permanentes, et dans une moindre mesure, des linéaires de haies. En parallèle, la **reconstitution de puits de carbone** dans les territoires de grandes cultures impliquerait une transformation profonde des pratiques : couverts végétaux, haies et agroforesterie, notamment.

Du côté des **forêts**, le doublement de la mortalité des arbres et le ralentissement de leur croissance invite au déploiement urgent et massif de stratégies d'adaptation. Celles-ci incluent notamment une **diversification** des essences, le **renouvellement** des peuplements sinistrés, la protection contre les **incendies**, l'adoption de techniques de **coupes plus durables** ou encore des efforts de régulation mieux ciblés pour lutter contre la densité excessive de **grand gibier** dans certaines forêts.

Une gestion résiliente voire la sauvegarde des systèmes agricoles et forestiers en bonne santé à long terme suppose une **planification** rigoureuse, tant à l'échelle des filières que des territoires concernés. Son rôle serait notamment d'arbitrer les **conflits d'usages** en matière de biomasse. Dans le cas de la **biomasse agricole**, il s'agit de prioriser la production alimentaire, la santé des sols et le stockage de carbone, devant les usages de type biomatériaux et bioénergies. Or, ces derniers sont appelés à croître rapidement dans le cadre de la décarbonation d'autres secteurs (construction, industrie lourde, aérien, maritime...), ce qui invite à une vigilance accrue. Dans le cas de la **biomasse forestière**, la priorité absolue consiste à maintenir la biomasse nécessaire au puits de carbone et à la bonne santé de l'écosystème.

Contact

Thomas Robert

Chargé de projet Agriculture et Prospective

thomas.robert@theshiftproject.org

Corentin Biarreau

Ingénieur de projet Agriculture

corentin.biarreau@theshiftproject.org

Héloïse Lesimple

Pilote communication et affaires publiques Transition Robuste

heloise.lesimple@theshiftproject.org

www.theshiftproject.org

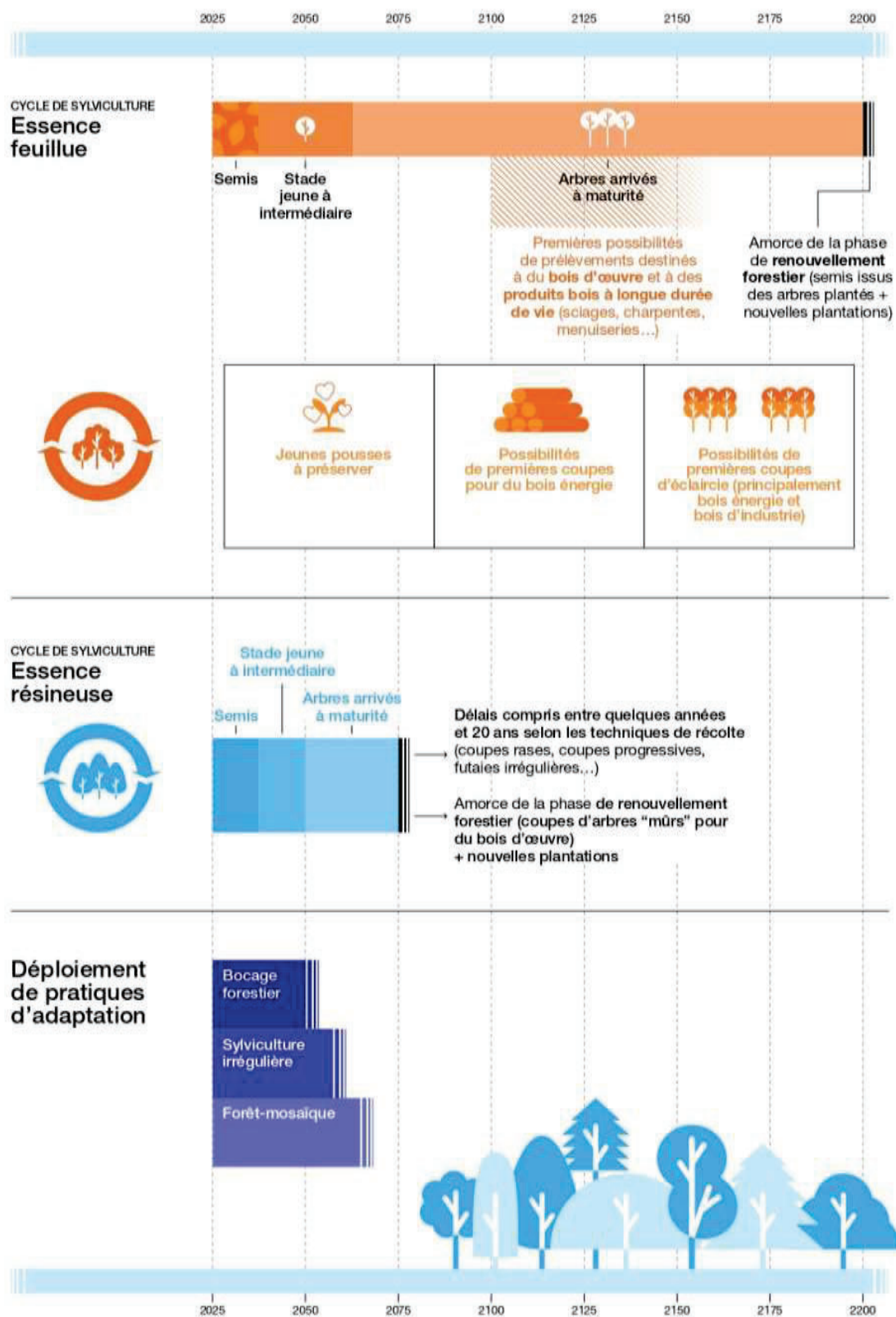


Figure 14 : Echelles de temps pour la planification forestière – The Shift Project