

# Les itinéraires sylvicoles à l'Office national des forêts : peut-on les optimiser pour le carbone ?

par Thierry SARDIN et Christine DELEUZE

***La forêt, via le peuplement mais aussi le sol, peut jouer un rôle important pour le stockage et la séquestration du carbone.***

***L'optimisation des itinéraires sylvicoles peut encore améliorer ce rôle.***

***Quels sont les leviers de la séquestration du carbone pour le sylviculteur, à l'échelle du peuplement et à l'échelle de la forêt ?***

***L'article traite des possibilités d'ajustement de ces itinéraires sylvicoles pour répondre au nouvel objectif de stockage du carbone.***

Les sylvicultures mises en œuvre par l'Office national des forêts (ONF) dans les forêts publiques suivent des itinéraires sylvicoles, itinéraires déclinés selon l'essence principale et le contexte local (prise en compte du climat, de la station, de la fertilité, de l'exploitabilité...). Ces itinéraires décrivent les interventions (nature, mode opératoire, intensité...) que ce soit pour les coupes (amélioration, régénération) que pour les travaux (régénération naturelle, plantation). Ils sont synthétisés dans des Guides de sylvicultures diffusés à tous les personnels.

Ces itinéraires sont élaborés pour répondre à des objectifs fixés dans des documents de cadrage, dans le cadre d'une gestion multifonctionnelle (production de bois, biodiversité, accueil du public et protection contre les risques naturels). Un nouvel objectif de stockage du carbone voit le jour pour contribuer à l'atténuation du changement climatique. En effet, la forêt, via le peuplement, le sol et les produits bois qui en sont extraits, peut jouer un rôle important pour le stockage et la séquestration du carbone.

Notre propos ici est de discuter des possibilités d'ajustement des itinéraires sylvicoles en vigueur afin de les optimiser en termes de bilan carbone. On se place donc dans le cadre de forêts constituées et gérées de longue date.

## Comment sont construits les itinéraires sylvicoles ?

Les itinéraires sylvicoles préconisés à l'ONF sont issus de démarches structurées d'élaboration et d'amélioration continue. L'élaboration est confiée à un groupe de personnes ayant une longue expérience de gestion du contexte considéré, ce groupe analyse les pratiques sylvicoles en cours et propose de les conforter, les améliorer ou les modifier profondément, selon les résultats qu'elles donnent et les objectifs éventuellement revus. Dans de nombreux cas, les itinéraires sont construits à l'aide d'expérimentations sylvicoles en forêt et de modèles de croissance.

Le développement des modèles de croissance depuis le début des années 2000 a permis de proposer, pour une essence, dans un contexte biogéographique, plusieurs itinéraires sylvicoles selon différents critères recherchés. Parmi ces critères, on trouve la largeur de cerne (important pour la qualité et la destination du bois pour le chêne et l'épicéa par exemple), la hauteur de bille élaguée, les contraintes d'exploitation, etc. Les modèles de croissance permettent de simuler rapidement l'évolution des caractéristiques des peuplements et des produits récoltés sur toute une révolution pour de nombreux itinéraires et ainsi choisir *in fine* ceux qui répondent le mieux (rapport coût / efficacité) aux objectifs assignés aux peuplements.

La grande majorité des modèles de croissance aidant à l'élaboration des itinéraires sylvicoles sont hébergés dans une plateforme nommée CAPSIS, plateforme qui intègre pour certains modèles un module d'évalua-

tion du carbone (CAT). Le carbone est en effet fonction du capital sur pied, il varie selon l'essence en fonction de l'infradensité de celle-ci. Il est donc aisément d'évaluer l'efficacité des itinéraires actuels pour le stockage de carbone et les améliorer si besoin.

## Quels sont les leviers de la séquestration du carbone sur un itinéraire sylvicole ?

Pour prendre en compte le bilan carbone d'un itinéraire sylvicole, la première échelle d'analyse est la révolution du peuplement, la durée totale depuis l'installation des semis jusqu'à la récolte des arbres à leur maturité. Cette prise en compte du temps forestier (d'un peu plus du siècle en moyenne pour les essences métropolitaines) est illustrée en Fig. 1.

La courbe en tiret donne la production courante en fonction de l'âge et la courbe en pointillé donne la production moyenne depuis l'origine du peuplement. À l'échelle du peuplement, la production, donc la séquestration du carbone, est plus élevée dans le jeune âge. L'idée de dire que les gros arbres stockent plus de carbone est vraie à l'échelle de l'arbre mais pas à celui du peuplement.

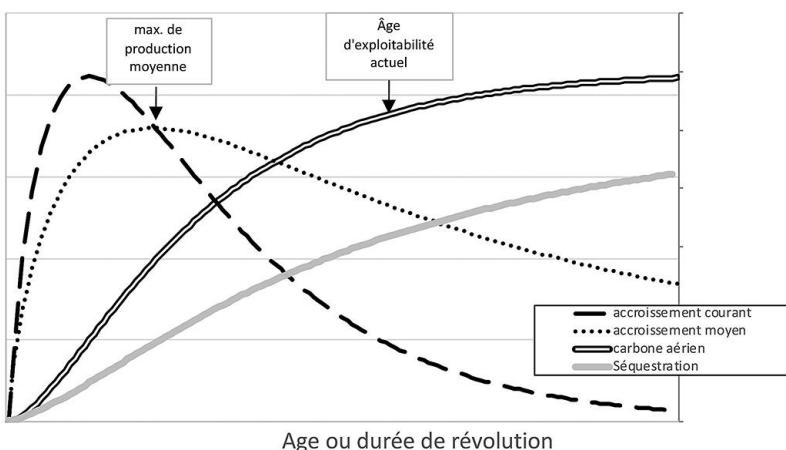
On constate sur cette figure que les guides de sylvicultures ne privilégient pas la production moyenne maximale, mais que l'âge d'exploitabilité (temps nécessaire au diamètre d'exploitabilité) est nettement plus tardif que l'âge de la production moyenne maximale, ceci afin d'optimiser la valorisation des produits bois (bois d'œuvre). La courbe double représente le carbone aérien, il augmente progressivement, mais à des âges élevés il se stabilise.

En cherchant à augmenter le stock de carbone sur pied (courbe double) via l'augmentation de l'âge d'exploitabilité, on diminue la production moyenne (courbe pointillé), donc le stockage dans les produits bois et le potentiel de substitution (remplacement des matériaux fossiles à forte empreinte carbone par du bois renouvelable).

Si l'on raisonne maintenant à l'échelle de la forêt et non plus du peuplement, en considérant une forêt à l'équilibre (présence de toutes les catégories de grosseur pour une récolte stable en quantité et qualité), on peut

**Fig. 1 :**

Courbes de productions (courante et moyenne) et de stock de carbone aérien sur une révolution à l'échelle peuplement, et courbe de séquestration moyenne à l'échelle de la forêt selon la durée de révolution.



calculer un stock moyen sur la forêt selon la durée de révolution choisie : c'est la courbe pleine grise. Là aussi il peut être tentant de vouloir augmenter la durée de révolution pour augmenter ce stock : mais on pénalise alors la production moyenne, donc le stockage dans les produits bois et la substitution. Il ne faut pas non plus perdre de vue qu'en augmentant la révolution on va avoir un capital sur pied plus important sur la forêt et qu'en cas d'instabilité (tempête, crise sanitaire...) on aura une plus grande difficulté à le valoriser.

## Quel est l'effet de l'âge d'exploitabilité sur la séquestration ?

Dans une forêt à l'équilibre, une fois la durée de révolution choisie, toutes les gammes d'âge sont réparties en surface, si bien que le bilan dans le temps s'avère un bilan équivalent dans l'espace. Quand on regarde comment faire bouger nos itinéraires pour essayer d'optimiser le bilan en carbone, on cherche spontanément ce que ferait un allongement de la révolution.

Pour nos guides actuels, lorsque l'on augmente la révolution de 30%, on estime que le stock moyen séquestré est augmenté de 7 à 10% (variable selon l'essence). En revanche, si on souhaitait optimiser la production en raccourcissant la révolution de 25%, le stock moyen séquestré diminuerait de près de 30% (cf. Fig. 2a et 2b). Ceci résulte d'un simple effet « comptable », le poids de la période juvénile, lorsque le capital sur pied est nul

ou faible, compte beaucoup plus en raccourcissant la révolution.

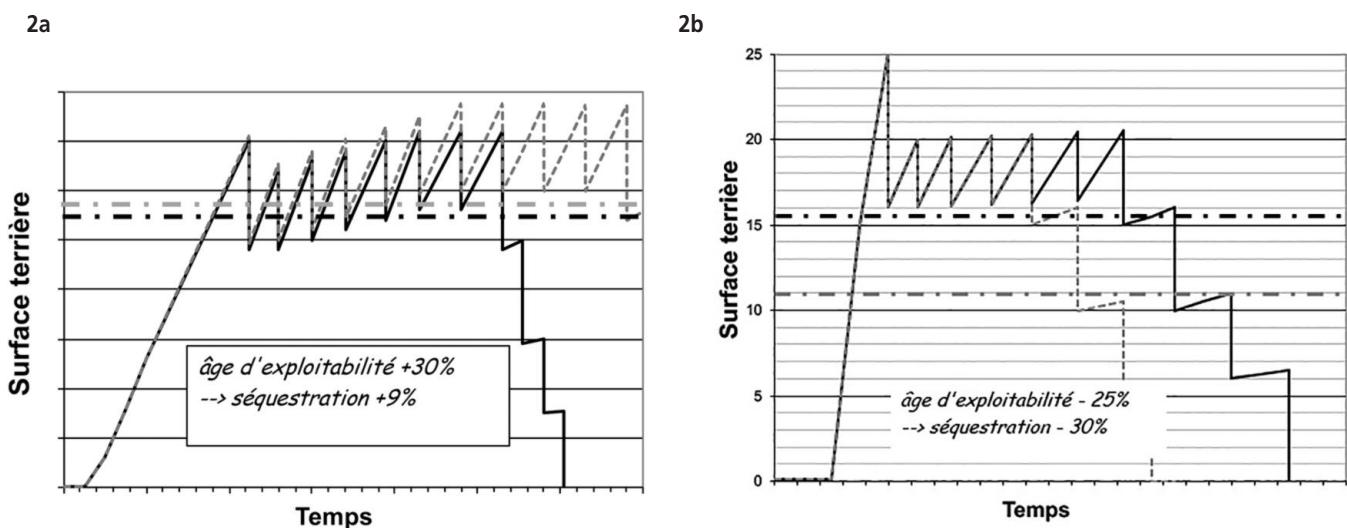
Finalement, pour les itinéraires en forêt publique qui visent plutôt des bois d'œuvre déjà de taille importante, si l'on a peu à gagner en termes de bilan carbone en rallongeant les durées de révolution, on aurait plus à perdre en les raccourcissant pour optimiser la production.

## Le rôle des sols et de la substitution

Avec en moyenne 90 tC/ha, les sols forestiers sont les plus riches en carbone : un trésor à préserver ! Pour les sols forestiers, l'enjeu est celui d'un maintien des niveaux de stocks dans les forêts anciennes (sols forestiers depuis plus de 200 ans, cas souvent des forêts publiques), tandis qu'il est plus facile d'envisager un stockage additionnel dans les forêts récentes.

Le facteur détecté le plus important de perte de carbone sur des sols forestiers anciens est au moment du renouvellement d'un peuplement, la mise en lumière et le travail du sol. Un couvert continu, comme il peut se pratiquer en régénération naturelle est favorable (les coupes doivent permettre une mise en lumière progressive avec le maintien d'une végétation, idéalement d'une régénération déjà acquise). Il faut éviter le travail du sol, surtout en plein, et faire très attention à l'érosion dans les zones de pentes. C'est d'ailleurs vrai aussi, pour éviter la perte en éléments minéraux disponibles, sans doute avant même le problème du carbone.

**Fig. 2 :**  
Effet du rallongement (2a) et du raccourcissement (2b) sur la séquestration du carbone appliqués aux itinéraires sylvicoles actuels.



Il faut également insister sur l'enjeu de substitution. Pour l'atténuation du changement climatique, le bois est un matériau de substitution qui a beaucoup d'atouts, dont sa réutilisation successive en différents produits avec le cumul des effets de substitution. Aujourd'hui l'effet de substitution est globalement plus favorable pour des usages de bois d'œuvre que pour le bois d'industrie ou l'énergie. Mais les enjeux de la bio économie pourraient bien perturber cette hiérarchie, avec un intérêt à valoriser les longues chaînes carbonées pour remplacer des molécules complexes issues de la pétrochimie (extractibles, fibres...).

## Synthèse

La forêt, via le peuplement mais aussi le sol, peut jouer un rôle important pour le stockage et la séquestration du carbone. L'optimisation des itinéraires sylvicoles peut encore améliorer ce rôle. Pour ce faire, les outils de simulation existent.

Mais l'optimisation du bilan carbone dans le cadre de gestion de forêts constituées sera facilitée par la prise en compte de la substitution, car il s'agira de trouver un compromis entre séquestration et substitution. Pour les essences sur lesquelles des premiers calculs ont été fait (pin maritime, chêne, douglas, hêtre), les itinéraires actuels, avec un objectif de bois d'œuvre de qualité, sont actuellement un bon compromis.

Pour optimiser le stockage de carbone, le niveau de risque est également à prendre en compte, car si le stock de carbone augmente avec l'âge, le risque de destruction totale ou partielle de ce stock augmente aussi. Il faut notamment tenir compte des effets du changement climatique avec l'augmentation des phénomènes de déperissement d'origine biotique ou abiotique ainsi que pour le choix des

essences adaptées qui puissent stocker, séquestrer et substituer.

Une meilleure prise en compte du carbone peut amener à proposer des inflexions sur les itinéraires actuels et élargir la gamme des itinéraires avec quelques cas d'allongement des révolutions (avec un maintien du capital sur pied supérieur) dans des contextes où les risques de déperissement sont les plus faibles.

A l'inverse, dans les contextes à risque élevé, y compris le risque incendie avec une perte de carbone qui augmente avec le capital sur pied, il est préférable de privilégier des itinéraires limitant le risque, même si leur bilan carbone est moins bon. Au final, il est important de multiplier les itinéraires sur un territoire car ce sera la meilleure assurance.

Dans la stratégie à adopter sur un territoire, l'état initial des forêts est également un élément à prendre en compte : avec une forêt à l'équilibre, où la récolte régulière en quantité et qualité est égale à la production, l'effet séquestration additionnelle est nul, seul l'effet substitution joue. Alors qu'une forêt jeune aura un potentiel de séquestration additionnelle important, et, à l'inverse, une forêt vieillie un potentiel de séquestration additionnelle négatif. Dans ce dernier cas, il y aura besoin de décapitaliser pour optimiser la substitution et limiter les risques de destruction, en aucun cas il ne faudra se risquer à se reposer sur le capital en place.

Les solutions sont donc variables, à adapter localement. Et, si fondamental soit-il, le carbone n'est pas le seul critère de gestion, cela obligera à prioriser les actions en fonction des enjeux et des opportunités.

**T.S., C.D.**

## Résumé

---

Les sylvicultures mises en œuvre par l'Office national des forêts dans les forêts publiques suivent des itinéraires sylvicoles synthétisés dans des Guides de sylvicultures. Ils résultent de la traduction opérationnelle des objectifs de gestion multifonctionnelle fixés par les propriétaires. L'article traite des possibilités d'ajustement de ces itinéraires sylvicoles pour répondre au nouvel objectif de stockage du carbone. Après avoir précisé que ces itinéraires sont construits avec le retour d'expérience des sylvicultures passées et à l'aide de modèle de croissance, les auteurs rappellent quels sont les leviers de la séquestration du carbone pour le sylviculteur, à l'échelle du peuplement et à l'échelle de la forêt. Ils rappellent également tout l'intérêt de la protection des sols qui renferment un stock de carbone conséquent. L'optimisation du bilan carbone sera de trouver un compromis entre séquestration et substitution. Le niveau de risque (incendie, déperissement...) est également à prendre en compte, tout comme l'état initial des forêts. Les solutions sont donc variables, à adapter localement. Et, si fondamental soit-il, le carbone n'est pas le seul critère de gestion, cela obligera à prioriser les actions en fonction des enjeux et des opportunités.