

# Les prestations climatiques de la forêt et du bois en Suisse

Connaissances actualisées sur les prestations climatiques de la forêt et du bois fournies aujourd'hui et au cours des décennies à venir



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

# Les prestations climatiques de la forêt et du bois en Suisse

Connaissances actualisées sur les prestations climatiques de la forêt et du bois fournies aujourd'hui et au cours des décennies à venir

# Impressum

## Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

## Direction du projet

Nele Rogiers, division Forêts (OFEV)

## Équipe de projet

Christian Aebischer, Marjo Kunnala, Nele Rogiers, Oliver Wolf (division Forêts, OFEV); Nicklas Forsell (Institut international pour l'analyse appliquée des systèmes IIASA, Laxembourg, Autriche); Beat Rihm (Meteotest, Berne); Golo Stadelmann, Esther Thürig (Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, WSL, Birmensdorf); Frank Werner (Umwelt & Entwicklung, Zurich)

## Groupe d'accompagnement technique à l'OFEV

Roberto Bolgè, Claudio de Sassi, Clémence Dirac, Robert Jenni, Michael Husistein, Alfred Kammerhofer, Michael Reinhard, Regine Röthlisberger, Andreas Schellenberger, Timothy Thripleton

## Remerciements

Stefan Beyeler, Keith Anderson, Sabine Augustin, Daniela Jost, Aline Knoblauch, Achim Schafer (division Forêts, OFEV); Edouard Davin (Wyss Academy for Nature, Université de Berne); Daniel Landolt, Aline Hänggli (Interface Politikstudien Forschung Beratung AG, Lucerne) et toutes les personnes ayant participé aux deux ateliers consacrés au projet KWHS.

## Conception et rédaction

OECOCOM, Bienne: Beat Jordi, Kaspar Meuli (responsables de projet), Nicolas Gattlen, Gregor Klaus

## Graphiques

Laurence Rickett, Firstbrand

## Mise en page

Funke Lettershop AG

## Photo de couverture

Les arbres absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Si leur bois est utilisé pour la construction, le dioxyde demeure stocké pendant des décennies, ce qui permet de substituer des matériaux de construction avec un impact climatique nettement supérieur.

© Beat Jordi, OECOCOM

## Téléchargement au format PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-2511-f](http://www.bafu.admin.ch/uw-2511-f)

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2025

# Table des matières

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>Résumé</b>	<b>51</b>	
<b>Avant-propos</b>	<b>7</b>	<b>5.1</b>	<b>Messages clés de l'étude KWHS</b>	<b>51</b>	
<b>1</b>	<b>La forêt et le bois influencent le climat de plusieurs manières</b>	<b>9</b>	<b>5.2</b>	<b>Conclusions</b>	<b>52</b>
1.1	Les 3S, les trois prestations climatiques de la forêt et du bois	9	5.3	Améliorations effectuées et compléments recommandés	53
1.2	Bases de travail utilisées	11	<b>6</b>	<b>Glossaire</b>	<b>55</b>
<b>2</b>	<b>Nouvelles bases scientifiques pour les prestations climatiques de la forêt et du bois</b>	<b>13</b>	<b>Sources</b>	<b>60</b>	
2.1	Approche de l'étude KWHS	14			
2.2	Comparaison des scénarios	14			
2.3	Combinaison de plusieurs modèles de calcul	16			
2.4	Résultats importants de l'étude KWHS	18			
2.5	Les limites de la pertinence	28			
2.6	Évolution incertaine des prestations climatiques	28			
2.7	Influences bio-géophysiques de la forêt sur le climat	30			
<b>3</b>	<b>Garantie de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt</b>	<b>33</b>			
3.1	Facteurs d'influence de la séquestration du CO <sub>2</sub>	35			
3.2	Système de prise en compte des prestations climatiques de la forêt et du bois	36			
3.3	Développement actuel des forêts et dernières connaissances issues de l'IFN5	36			
3.4	Les changements climatiques accentuent les risques dans la forêt	38			
3.5	Adaptation impérative des forêts aux changements climatiques	39			
3.6	Autres obstacles et défis	40			
3.7	Instruments de pilotage de la politique forestière	40			
<b>4</b>	<b>Multiplier et prolonger l'utilisation des produits en bois</b>	<b>43</b>			
4.1	Le stockage du carbone dans les produits en bois	44			
4.2	Le bois remplace des matériaux et des agents énergétiques nuisibles pour le climat	45			
4.3	Renforcer l'utilisation matérielle du bois	45			
4.4	Promouvoir la création de valeur locale	46			
4.5	Orientation vers des assortiments de bois modifiés	46			
4.6	Avantages de l'utilisation en cascade	47			
4.7	Nouvelles impulsions	48			

---

# Abstracts

Forests and wood provide the so-called 3S climate services: sequestration of carbon dioxide in the forest, carbon storage in wood products and the use of wood to substitute more emission-intensive products and fossil fuels. The FOEN's KWHS project shows that 3S in Switzerland can only be strengthened if an integral approach is taken to all forest services and wood utilisation in the future. Central to this are close-to-nature silviculture, a multifunctional forest ecosystem and an efficient forestry and timber industry.

La forêt et le bois fournissent des prestations climatiques, appelées les « 3S »: la séquestration du dioxyde de carbone dans la forêt, le stockage du carbone dans les produits en bois et la substitution du bois à des agents énergétiques fossiles et à des produits ayant générés plus d'émissions. Le projet KWHS de l'OFEV montre que le renforcement des 3S en Suisse est possible uniquement si, à l'avenir, toutes les prestations forestières et la valorisation du bois sont prises en compte de manière intégrale. Dans ce contexte, une sylviculture proche de la nature, un écosystème forestier multifonctionnel ainsi qu'une économie forestière et une industrie du bois performantes revêtent une importance centrale.

Wald und Holz erbringen die als 3S bezeichneten Klimaleistungen. Sie umfassen die Sequestrierung von Kohlendioxid im Wald, die Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten sowie die Substitution von emissionsintensiveren Produkten und fossilen Energieträgern durch Holz. Das KWHS-Projekt des BAFU zeigt auf, dass sich die 3S in der Schweiz nur stärken lassen, wenn künftig alle Waldleistungen sowie die Holzverwertung integral betrachtet werden. Zentral sind dabei ein naturnaher Waldbau, ein multifunktionales Waldökosystem sowie eine leistungsfähige Wald- und Holzwirtschaft.

Il bosco e il legno forniscono prestazioni climatiche, note anche come i « tre S »: il sequestro di diossido di carbonio nel bosco, lo stoccaggio di carbonio nei prodotti del legno e la sostituzione di prodotti a elevate emissioni e di vettori energetici fossili con il legno. Il progetto KWHS dell'UFAM mostra che è possibile rafforzare i tre effetti S solo se in futuro tutte le prestazioni del bosco e l'utilizzazione del legno saranno considerate in modo integrale. A tal fine, sono fondamentali una selvicoltura naturalistica, un ecosistema forestale multifunzionale e un'economia forestale e del legno efficiente.

**Keywords:**

*KWHS, forest and wood, climate performance, climate services, 3S, adaptation of forests to climate change, wood products, cascade use*

**Mots-clés:**

*KWHS, forêt et bois, prestations climatiques, 3S, adaptation de la forêt aux changements climatiques, produits en bois, utilisation en cascade*

**Stichwörter:**

*KWHS, Wald und Holz, Klimaleistungen, 3S, Anpassung des Waldes an den Klimawandel, Holzprodukte, Kaskadennutzung*

**Parole chiave:**

*KWHS, bosco e legno, prestazioni climatiche, tre effetti S, adeguamento del bosco al cambiamento climatico prodotti del legno, utilizzazione a cascata*



---

# Avant-propos

En adoptant la loi sur le climat et l'innovation, le peuple suisse a envoyé un signal clair en 2023: la Suisse s'engage à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Cela signifie qu'à partir de cette date, les émissions de gaz à effet de serre ne devront plus dépasser la capacité de stockage naturelle et technique. C'est un objectif ambitieux, qui nous concerne tous.

Mais comment y parvenir concrètement ? Et quel rôle jouent la forêt et la ressource bois dans ce contexte ? Dans un pays comme la Suisse, où les forêts couvrent environ un tiers du territoire, ces questions sont d'une importance capitale. La gestion durable des forêts et l'utilisation du bois respectueuse du climat peuvent apporter une contribution importante, non seulement en tant que puits de carbone, mais aussi en tant que substitut aux matériaux et aux sources d'énergie à forte intensité d'émissions.

Dans le même temps, nos forêts sont elles-mêmes sous pression : le changement climatique modifie leurs conditions de croissance, fait apparaître de nouveaux risques et pose des défis majeurs pour la gestion forestière. La question n'est donc pas seulement de savoir quelle contribution la forêt et le bois peuvent apporter à l'avenir, mais aussi dans quelles conditions ces prestations peuvent être garanties à long terme, voire développées.

La présente publication examine ces questions sur la base des dernières connaissances scientifiques. Elle met en lumière l'impact de différentes formes de gestion forestière et d'utilisation du bois sur les prestations climatiques et replace les résultats dans un contexte économique, politique et social plus large. Elle présente également des options d'action pour préserver, renforcer et promouvoir de manière ciblée ces prestations climatiques.

Car une chose est claire : la contribution de la forêt et de l'utilisation du bois est importante pour atteindre l'objectif de zéro émission nette. Trouvons ensemble des moyens d'utiliser ces ressources naturelles de manière intelligente et responsable, pour la protection du climat, pour les générations futures et pour un avenir durable.

Paul Steffen, Directeur suppléant  
Office fédéral de l'environnement (OFEV)



Forêt mélangée et étagée

Photo : Marjo Kunnala

## Vue d'ensemble des prestations climatiques de la forêt et du bois

# 1 La forêt et le bois influencent le climat de plusieurs manières

*Les effets de la forêt et du bois sur le climat sont notables et multiples. Trois prestations climatiques figurent au premier plan : la séquestration du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans la forêt, le stockage du carbone (C) dans les produits en bois durables et la substitution du bois et des produits en bois à des agents énergétiques fossiles et à des matériaux nuisibles pour le climat. Une nouvelle étude réalisée sur mandat de l'OFEV livre des bases décisionnelles essentielles pour renforcer les prestations climatiques de la forêt et du bois. Celles-ci doivent impérativement être prises en compte de manière globale et intégrale. Les différents mécanismes qui influencent l'effet de serre interagissent de manière complexe dans la forêt et lors de l'utilisation du bois.*

## 1.1 Les 3S, les trois prestations climatiques de la forêt et du bois

Premièrement, les arbres transforment le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en carbone par la photosynthèse. Ils le stockent dans la biomasse vivante aérienne et souterraine, dans le bois mort, dans la litière ainsi que dans le sol organique et minéral. Deuxièmement, après la récolte de bois, le carbone peut rester longtemps fixé dans les produits en bois tels que le bois de construction, le lamellé-collé, le contreplaqué, les panneaux de particules et de fibres, etc. Troisièmement, le bois offre un effet de substitution lorsqu'on l'utilise à la place de matériaux plus énergivores comme le ciment, l'acier et les plastiques, ou de combustibles fossiles tels que le pétrole, le gaz naturel et le charbon.

Les prestations climatiques de la forêt et du bois, appelées les 3S (fig. 1), exercent une influence directe ou indirecte sur la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Il s'agit de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt, du stockage du carbone dans les produits en bois, et de la substitution matérielle et énergétique du bois à des produits à plus forte intensité carbone.

- Séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt : elle englobe tous les processus allant de l'absorption du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au stockage sous forme de carbone dans la biomasse vivante aérienne et souterraine, dans le bois mort, dans la litière ainsi que dans le sol forestier. Le présent rapport emploie la notion au sens de la

séquestration nette du CO<sub>2</sub>, calculée comme la différence entre la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée et la quantité de CO<sub>2</sub>, de méthane (CH<sub>4</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) libérée. Elle correspond donc au bilan de CO<sub>2</sub> de la forêt, exprimé en équivalents CO<sub>2</sub> (éq.-CO<sub>2</sub>).

- Stockage du carbone dans les produits en bois : le présent rapport emploie la notion au sens du stockage net du carbone, calculé comme le bilan annuel des flux de carbone entrants et sortants dans le pool des produits en bois.
- Substitution : il s'agit de la substitution matérielle du bois à des produits dont la fabrication génère plus d'émissions, et de sa substitution énergétique à des agents énergétiques fossiles.

Une prestation climatique peut être négative (absorption nette de CO<sub>2</sub>) ou positive (libération nette de CO<sub>2</sub>). Les 3S exercent toutes une influence sur l'objectif zéro net inscrit dans la politique climatique de la Suisse.

Les effets négatifs des changements climatiques sur la forêt et, par conséquent, sur l'utilisation du bois constituent toutefois un facteur d'incertitude considérable. En effet, les modifications sont si rapides qu'il est difficile de savoir si la forêt pourra continuer de fournir les prestations souhaitées – et donc aussi les prestations climatiques.

L'adaptation de la forêt aux changements climatiques ainsi qu'une gestion forestière et une utilisation du bois proches de la nature, durables, adaptées et tournées vers l'avenir

sont des conditions sine qua non du maintien à long terme des prestations climatiques de la forêt et du bois. La biodiversité forestière – au sens large de la diversité génétique, de la diversité des espèces et de la richesse structurale – est le socle central de la fonctionnalité et de la résilience de l'écosystème forestier. Elle permet une grande capacité de régénération et offre la meilleure protection contre les dommages biotiques et abiotiques.

Non seulement la forêt influence le cycle du carbone mais, de par ses propriétés bio-géophysiques particulières, elle contribue aussi aux effets sur le climat (pt. 2.7). Il s'agit entre autres de la variation du bilan radiatif selon l'albédo (réflexion du rayonnement solaire) et celle du régime hydrique en raison de l'évapotranspiration.

Les 3S influent de manière très différente sur le climat. Elles agissent sur le bilan des gaz à effet de serre non seulement par l'intermédiaire du dioxyde de carbone, mais aussi via d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane ou le protoxyde d'azote.

À des fins de comparabilité de l'effet des 3S, la même unité est utilisée : les équivalents CO<sub>2</sub>.

### Que sont les équivalents CO<sub>2</sub>?

Lorsqu'une forêt brûle ou lorsqu'un sol forestier organique est drainé, du dioxyde de carbone – gaz à effet de serre le plus abondant – et d'autres gaz à incidence climatique comme le méthane et le protoxyde d'azote sont libérés dans l'atmosphère.

Comme ces gaz ne contribuent pas dans la même mesure à l'effet de serre et ont des durées de vie différentes dans l'atmosphère, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), organe scientifique de l'Organisation des Nations Unies, a calculé leur potentiel de réchauffement global sur une période de 100 ans. Avec les équivalents CO<sub>2</sub>, un dénominateur commun a été défini : l'effet des différents gaz est mesuré relativement au dioxyde de carbone et converti dans cette unité.

Fig. 1: Les trois prestations climatiques de la forêt et du bois et leurs conditions fondamentales

*Biodiversité des écosystèmes forestiers, adaptation aux changements climatiques et multifonctionnalité. Les propriétés bio-géophysiques de la forêt ne sont pas incluses dans les 3S.*



## 1.2 Bases de travail utilisées

Le point de départ de la présente publication de l'OFEV est l'étude « Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz »<sup>1</sup> (KWHS ; prestations climatiques de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse). Dans ce cadre, l'OFEV a fait modéliser scientifiquement les effets de la gestion forestière et de l'utilisation du bois sur les trois prestations climatiques de la forêt et du bois. Le projet de recherche s'est penché sur la question de savoir comment les 3S influenceront à l'avenir le bilan des gaz à effet de serre en Suisse et à l'étranger, et quelles mesures peuvent améliorer la contribution des secteurs de la forêt et du bois à la protection du climat.

Ces aspects et bien d'autres encore sont abordés dans un contexte plus large dans la présente publication. Non seulement elle expose les prestations climatiques de la forêt et du bois selon différents scénarios, mais elle met aussi en lumière les opportunités et les risques qui en découlent, ainsi que les politiques qui sont pertinentes pour ces deux secteurs compte tenu des futurs changements climatiques et autres.

La présente publication se fonde sur le rapport technique de l'étude KWHS<sup>1</sup> ainsi que sur diverses autres sources, dont une analyse scientifique des conséquences bio-géophysiques de la gestion forestière sur le climat.<sup>2</sup> Les résultats de l'étude KWHS ont également été intégrés dans le contexte économique et politique par le bureau Interface (Politikstudien Forschung Beratung AG). Une réflexion sur l'étude KWHS a également été intégrée, qui tire des conclusions sur le renforcement des prestations climatiques de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse du point de vue de l'OFEV.

Au moment du calcul des scénarios KWHS, les résultats intermédiaires de l'inventaire forestier national (IFN5) n'avaient pas encore été publiés. Aussi n'ont-ils pas pu être pris en compte dans les modélisations réalisées pour l'étude scientifique. Néanmoins, les résultats et les conclusions de l'IFN5 sont bien intégrés dans les travaux qui ont suivi, à savoir la mise en perspective et la réflexion. Dans ce cadre, il a aussi été tenu compte, entre autres, du rapport du Conseil fédéral intitulé « Adaptation de la forêt aux changements climatiques »<sup>5</sup> et des réflexions sur une stratégie intégrale forêt et bois 2050<sup>6</sup> en cours d'élaboration par la Confédération.



**Mesure d'arbres dans le cadre de l'IFN5**  
Photo: Barbara Altgäier Leuch / WSL

---

## Les prestations climatiques de la forêt et du bois selon différents scénarios

# 2 Nouvelles bases scientifiques pour les prestations climatiques de la forêt et du bois

*Rapporté aux quantités de carbone présentes dans la forêt suisse, le volume de carbone fixé dans les produits en bois semble plutôt modeste. Cela tient au fait que, sur notre territoire, seuls 15 % environ du carbone des arbres abattus et morts se retrouvent dans les produits en bois durables. Il est vrai que comme le bois, ressource renouvelable, remplace des matériaux et des agents énergétiques fossiles à forte intensité de CO<sub>2</sub>, sa contribution à la protection du climat est, du fait de ces effets de substitution, plus importante que le laissent supposer les seules réserves de carbone. Comme le montrent les scénarios présentés dans l'étude scientifique KWHS, le bilan climatique s'améliore dès lors que le bois est davantage utilisé en tant que matière et qu'il passe par plusieurs cycles de vie avant d'être brûlé. Toutefois, pour des raisons économiques, une hausse de la demande intérieure de bois ne s'accompagne pas automatiquement d'une exploitation plus intensive de la forêt indigène.*

Les trois prestations climatiques (fig. 1) ne sont pas les seuls services écosystémiques forestiers. Ainsi, la forêt assure entre autres l'approvisionnement en eau propre et en air pur. Elle offre des habitats à une multitude d'espèces végétales et animales. La présence de la forêt sur des terrains en pente protège des chutes de pierres, des glissements de terrain superficiels ou des avalanches. Zone de détente essentielle pour les êtres humains, la forêt est à l'origine de dizaines de milliers d'emplois grâce à la production naturelle de la matière première renouvelable qu'est le bois. Dans les régions rurales surtout, elle constitue donc une base économique primordiale pour la population. Compte tenu de la variété de ces prestations, il est clair que la forêt ne sert pas uniquement à la protection du climat.

Les prestations climatiques de la forêt et du bois doivent être envisagées comme un tout. Aussi des solutions cohérentes qui renforcent le système dans son ensemble sont-elles requises. La réussite de leur conception et de leur mise en œuvre passe fondamentalement par une sylviculture

proche de la nature et adaptée aux changements climatiques, par un écosystème forestier multifonctionnel et riche en biodiversité, et par une économie forestière et une industrie du bois performantes. Globalement, la promotion intégrative de la biodiversité et l'exploitation des synergies entre les prestations de la biodiversité et du climat jouent un rôle de plus en plus important.

Lorsque les prestations climatiques sont évaluées dans un contexte plus large de politique forestière et de politique climatique, l'un des éléments décisifs est la question de savoir si l'on considère les effets uniquement en Suisse ou dans le monde entier. Un cadre élargi doit également inclure les importations et les exportations de bois et de produits en bois.

Il convient de coordonner au mieux les diverses prestations forestières. La stratégie intégrale forêt et bois de la Confédération montre comment les différentes exigences peuvent être conciliées de façon optimale à l'horizon 2050.

## 2.1 Approche de l'étude KWHS

Dans le cadre du projet KWHS, l'équipe de spécialistes a évalué les prestations climatiques suivantes (fig. 1) selon différents scénarios.

- Effets sur la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt: ici, l'étude distingue les variations de la réserve de carbone dans la forêt en Suisse, d'une part, et à l'étranger, d'autre part, du fait de la fluctuation des importations ou des exportations de bois et de produits en bois.
- Effets sur le stockage du carbone dans les produits en bois: ici aussi, une distinction est opérée entre les variations de la réserve de carbone dans les produits semi-finis (autrement dit les produits ligneux récoltés appelés HWP) en Suisse, d'une part, et à l'étranger, d'autre part. Cette étude applique aux produits en bois les règles de prise en compte de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cela signifie que seuls les produits en bois indigène sont considérés comme des HWP.
- Effets sur la substitution: substitution matérielle et énergétique du bois et des produits en bois.

Les scénarios de gestion forestière et d'utilisation du bois qui ont été élaborés reflètent les conséquences des décisions prises en matière de politique forestière et de politique de la ressource bois. Les 3S sont toutes quantifiées à la fois pour la Suisse et pour l'étranger. Les scénarios illustrent l'évolution des réservoirs biogéniques de carbone dans la forêt, d'une part, et dans les HWP, d'autre part; ils présentent aussi les effets potentiels de la substitution, tributaires des modifications de l'utilisation du bois en Suisse et à l'étranger.

Le projet KWHS n'est pas la première enquête scientifique portant sur les prestations climatiques de la forêt et du bois en Suisse. L'ouvrage « Effets de l'économie forestière et de l'industrie du bois suisses sur le CO<sub>2</sub> »<sup>7</sup> publié par l'OFEV en 2007 fait notamment figure de référence; l'effet de serre y est évalué selon différents scénarios de gestion forestière et d'utilisation du bois. C'est la première fois que les trois prestations climatiques (séquestration, stockage et substitution) étaient quantifiées pour la Suisse et abordées de manière intégrale. Toutefois, il manquait à l'époque des calculs sur les conséquences des modifications de la gestion forestière et de l'utilisation du bois sur

la statistique du commerce extérieur. C'est ainsi que l'on a continué d'ignorer les effets sur les forêts à l'étranger qui sont apparus à la suite d'une hausse des importations de produits en bois en Suisse.

À titre de comparaison, l'étude KWHS repose sur des données plus actuelles et plus complètes ainsi que sur des modèles plus sophistiqués. Désormais, le cadre de modélisation, plus avancé, prend en considération les conséquences des modifications de la gestion forestière et de l'utilisation du bois sur le commerce extérieur. Les prix occupent une place centrale car, selon les coûts d'acquisition, une matière première suisse est utilisée ou une matière première étrangère est importée. En outre, les prix déterminent dans une large mesure l'endroit où la ressource renouvelable bois sera transformée et où elle sera utilisée en fin de compte.

Au cours des quinze dernières années, non seulement les possibilités de modélisation se sont perfectionnées, mais le contexte de la politique des ressources et de l'environnement a changé en Suisse. Cela concerne entre autres l'objectif climatique de zéro émission net de gaz à effet de serre d'ici à 2050, les perspectives énergétiques 2050+<sup>8</sup> et la politique de la ressource bois 2030 de la Confédération<sup>9</sup>. Dans la mesure où des informations concrètes sur ces évolutions étaient disponibles au moment du lancement du projet KWHS en 2020, elles ont été prises en compte dans la modélisation.

## 2.2 Comparaison des scénarios

L'étude KWHS s'appuie sur des scénarios relatifs à la gestion forestière, à l'utilisation et la transformation du bois futures, ainsi qu'à la demande de produits en bois et de bioénergie dérivée du bois. Différentes variantes de développement sont comparées à un scénario de référence<sup>10</sup> qui suit l'évolution actuelle sans modification notable. La présente publication expose et aborde cinq scénarios sélectionnés parmi les huit qui figurent dans l'étude scientifique<sup>1</sup> (fig. 2). Par rapport au scénario de référence, ils se distinguent avant tout par les hypothèses formulées sur le type et l'intensité de la future gestion forestière en Suisse, sur la demande de produits en bois en Suisse et sur les besoins de bois-énergie. L'éventail est

large, allant d'une nouvelle augmentation du volume sur pied dans la forêt suisse à un doublement de l'utilisation du bois par rapport aux quantités actuelles.

La simulation du développement des forêts repose sur un scénario climatique moyen – scénario RCP 4.5 (trajectoire représentative de concentration) – qui prévoit une hausse de 2,6 °C de la température mondiale d'ici à 2100.

- Le scénario «Augmentation du volume sur pied» prend comme point de départ l'objectif de réduction

de l'exploitation du bois par rapport à l'évolution de référence afin d'accroître les puits de carbone dans la forêt. Au niveau national, cela se traduit, en l'espace d'un siècle, par une hausse de 56 m<sup>3</sup>/ha du volume sur pied, qui s'établit ainsi à 413 m<sup>3</sup>/ha, contre les 357 m<sup>3</sup>/ha figurant dans le quatrième inventaire forestier national (IFN4)<sup>11</sup>. Le scénario ne tient compte du régime de perturbations, qui varie en raison des changements climatiques, que de manière limitée étant donné que la quantification est incertaine.

**Fig. 2: Scénarios axés sur la forêt ou sur le bois étudiés dans le projet KWHS**

Pour chaque scénario, les paramètres de la gestion forestière et de l'utilisation matérielle et énergétique du bois ont été décrits ou modélisés. Abréviations utilisées : PE2050+ : perspectives énergétiques 2050+<sup>8</sup>; SQ : scénario «Statu quo»; scénario «ZÉRO base» : évolution du système énergétique suisse jusqu'en 2050, compatible avec l'objectif de zéro émission net de gaz à effet de serre; PRB2030 : politique de la ressource bois 2030<sup>12</sup>.

		Gestion forestière	Utilisation matérielle du bois	Utilisation énergétique du bois
	<b>1. Scénario de référence</b>	Évolution du volume sur pied conformément à la «gestion forestière récente»	Modélisée	PE2050+ : SQ
	<b>2. Augmentation du volume sur pied</b>	Augmentation du volume sur pied, passant de 357 m <sup>3</sup> /ha à 415 m <sup>3</sup> /ha	Sans restriction à l'importation ; modélisée	PE2050+ : ZÉRO base
	<b>3. Augmentation de l'exploitation</b>	Récolte du potentiel disponible, là où il est accessible, avec un volume sur pied à long terme de 328 m <sup>3</sup> /ha	Modélisée	PE2050+ : ZÉRO base
	<b>4. Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat futur</b>	Comme pour 3 ; complément à la régénération naturelle avec des plantations d'essences adaptées, volume sur pied à long terme de 328 m <sup>3</sup> /ha	Modélisée	PE2050+ : ZÉRO base
	<b>5. Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois 5_30</b>	Modélisée	PRB2030 : demande d'utilisation matérielle en hausse de 30 %	PE2050+ : ZÉRO base
	<b>6. Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois 5_100</b>	Modélisée	PRB2030 : demande d'utilisation matérielle en hausse de 100 %	PE2050+ : ZÉRO base

- Le scénario «Augmentation de l'exploitation» suppose une exploitation du bois accrue dans les zones bien desservies où la récolte de bois est peu coûteuse. Dans les forêts moins bien desservies, le volume sur pied augmente. En fonction de la région et de la situation géographique, ce scénario définit différents objectifs de volume sur pied. En moyenne, celui-ci diminue, passant à 328 m<sup>3</sup>/ha.
- Le scénario «Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat» utilise, pour le volume sur pied, les mêmes valeurs cibles que le scénario principal. Cependant, la régénération naturelle est complétée ici par la plantation d'essences adaptées au climat.
- Les deux scénarios basés sur la demande 5\_30 et 5\_100 décrivent la consommation de produits finis en bois en Suisse entre 2020 et 2100 qui est, par rapport à 2012, 30% plus élevée en cas de demande accrue ou 100% plus élevée en cas de demande nettement accrue.

## 2.3 Combinaison de plusieurs modèles de calcul

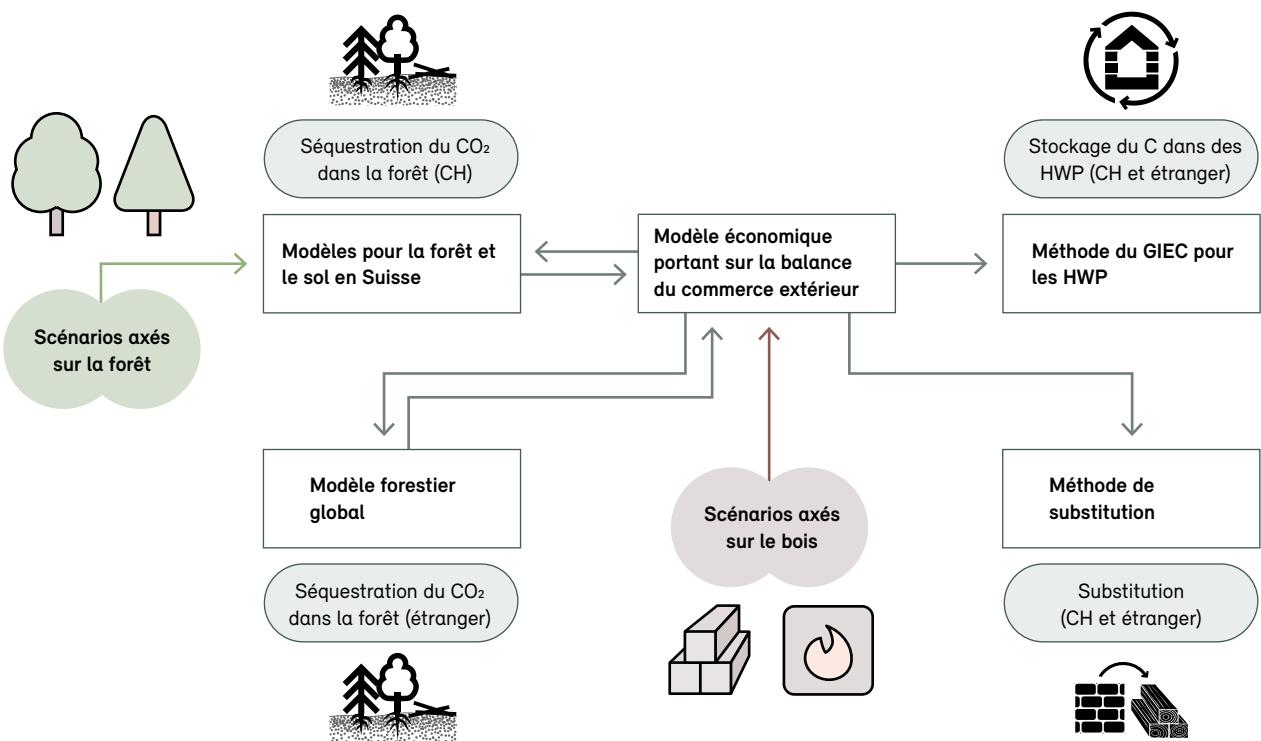
Pour pouvoir évaluer les effets sur le climat des différents scénarios de développement de la forêt et du bois étudiés, les spécialistes ont utilisé plusieurs modèles informatiques et combiné les résultats ainsi obtenus. La période modélisée 2020–2100 tient compte du lent développement de la forêt, si bien que les possibles évolutions à long terme apparaissent à minima comme des tendances. Cela dit, dans les simulations, de telles prévisions à long terme s'accompagnent d'incertitudes qui grandissent au fil du temps.

Le cadre de modélisation utilisé (fig.3), basé sur le projet «ClimWood 2030»<sup>13</sup> de la Commission européenne, a cependant été précisé et étendu. Il comprenait les modèles suivants :

- le modèle forestier MASSIMO<sup>14</sup> et le modèle de sol YASSO<sup>15</sup> pour la Suisse ;
- un modèle d'équilibre économique partiel incluant l'origine et la demande de bois et de bioénergie (Global Biosphere Management Model, GLOBIOM)<sup>16</sup> ;

Fig. 3: Cadre de modélisation utilisé pour le calcul des 3S (ellipses grises) selon différents scénarios axés sur la forêt ou le bois (utilisation matérielle et énergétique)

Le cadre de modélisation combine plusieurs modèles (cases). Les trois prestations climatiques sont calculées pour la Suisse (CH) et pour l'étranger.



- 
- le modèle de gestion forestière Global Forest Model (G4M)<sup>17</sup> pour les effets sur les forêts étrangères induits par les fluctuations du commerce extérieur ;
  - un modèle de calcul des effets de substitution potentiels qui résultent de l'utilisation matérielle et énergétique du bois en Suisse et à l'étranger. Il a comme point de départ les modifications de l'utilisation du bois en Suisse et, en conséquence, le déplacement des émissions de CO<sub>2</sub> du fait des changements relatifs aux importations et exportations ;
  - une méthode pour le stockage du carbone dans les HWP qui s'appuie sur l'approche comptable retenue pour établir des rapports internationaux dans le cadre de la CCNUCC.

Les modèles utilisés permettent de faire, durant la période considérée, des affirmations sur les variations dans le temps des réserves de carbone et des effets de substitution qui en découlent.

Par exemple, le modèle forestier MASSIMO pour la Suisse peut désormais représenter différentes évolutions climatiques et des stratégies d'adaptation correspondantes. Au moment de réaliser ces modélisations du développement des forêts, les données de l'IFN4 (2009–2017) étaient disponibles. Comme les résultats intermédiaires de l'IFN5 (2018–2022) n'ont été publiés qu'ultérieurement, il n'a pas été possible de les intégrer. Les évaluations de l'IFN5 révèlent cependant pour la première fois un point important, à savoir l'influence croissante des changements climatiques sur la forêt.

La combinaison de GLOBIOM et de G4M a permis pour la première fois d'estimer la balance commerciale de la Suisse pour le bois et les produits en bois, et donc d'évaluer les effets des fluctuations du commerce extérieur sur les réserves de carbone des forêts étrangères.

Dans le cadre du projet, les potentiels de la substitution du bois ont également été modélisés. Il s'agit, d'une part, du remplacement des matériaux à plus forte intensité de CO<sub>2</sub> et, d'autre part, de l'utilisation alternative du bois en tant que combustible. La quantification de la substitution matérielle additionne les émissions de gaz à effet de serre générées par la fabrication, l'utilisation et l'élimination d'un produit conventionnel et les compare à celles d'un produit en bois équivalent sur le plan fonctionnel.

Selon le même principe, pour calculer la substitution énergétique, les émissions agissant sur le climat des agents énergétiques fossiles sont comparées à l'utilisation du bois en tant que combustible. Toutefois, en raison de la décarbonation visée, les effets de substitution ne sont pas garantis à long terme par le recours aux produits en bois (pt. 4.2). C'est pourquoi, dans la présente publication, l'effet de substitution a été calculé de deux manières différentes : sans réduction (100 %), et avec une réduction à 10 % du fait d'une décarbonation des processus industriels d'ici à 2050.

## 2.4 Résultats importants de l'étude KWHS

L'étude KWHS a analysé la prestation climatique globale et l'effet des différents scénarios de gestion forestière et d'utilisation du bois. Les scénarios comparés se distinguent par les hypothèses formulées. Certaines, particulièrement importantes, sont présentées ci-après :

- type de gestion forestière : évolution du volume sur pied ; récolte de bois et coûts associés ;
- demande de produits en bois et de bois-énergie ;
- modifications des quantités de bois exploitées, des assortiments et de l'utilisation du bois en fonction de l'évolution des prix qui découle des variations de l'offre et de la demande de produits en bois ;
- restrictions à l'importation de produits en bois ;
- mutation technologique dans la perspective de l'objectif de zéro net appliquée aux émissions de CO<sub>2</sub>.

Le scénario de référence repose sur des hypothèses de poursuite de l'évolution observée ces dernières décennies. Les simulations réalisées dans le cadre de l'étude montrent entre autres que les 3S contribuent toutes à la protection du climat, dans des mesures toutefois très différentes.

La séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt, à savoir dans la biomasse forestière vivante et morte et dans les sols, est un facteur déterminant pour la prestation climatique globale des scénarios étudiés. À titre de comparaison, la contribution apportée par le stockage du carbone dans les produits en bois indigène et par la substitution est moindre. Cependant, les produits en bois restent fortement intéressants. Outre les prestations climatiques, les avantages de la disponibilité régionale d'une ressource renouvelable, les courtes distances de transport et la forte création de valeur ajoutée sur place plaident en faveur des produits en bois.

Un examen plus approfondi des résultats de l'étude révèle le comportement des scénarios simulés par rapport à l'évolution de référence. Cette comparaison permet de tirer les conclusions suivantes.

- Dans tous les scénarios, l'évolution de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt suisse est décisive pour la prestation climatique globale de la forêt et du bois.
  - Comparés à la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt, le stockage du carbone dans les produits en bois et la substitution ne modifient que de façon négligeable

la prestation climatique globale d'un scénario. Ce constat n'est pas nouveau, en particulier pour le stockage du carbone dans le bois. Le rapport climatique accompagnant l'inventaire suisse des gaz à effet de serre<sup>18</sup> fournit des valeurs empiriques similaires. Ainsi, en moyenne des années 2008–2020 – pendant les deux périodes d'engagement du Protocole de Kyoto –, environ 15 % du carbone de la biomasse des arbres abattus et morts de la forêt suisse se sont retrouvés dans des produits en bois durables (HWP).

- Dans tous les scénarios, la dynamique du carbone de la forêt est presque exclusivement dominée par la biomasse vivante, une contribution étant toutefois également apportée par le bois mort, l'horizon organique et le sol. Néanmoins, si l'on considère non pas la dynamique du carbone mais les réserves de carbone dans la forêt suisse, la situation s'inverse. En effet, la majeure partie du carbone dans la forêt n'est pas stockée dans les arbres, mais bien dans le sol<sup>3</sup>.
- En outre, les résultats peuvent être interprétés de manière simplifiée à travers les quantités récoltées dans la forêt suisse et la consommation finale de bois. Par exemple, une exploitation accrue du bois fait baisser les réserves de carbone dans la forêt. Cependant, cela ne s'accompagne pas obligatoirement d'une hausse notable de l'utilisation du bois en Suisse. En effet, entre la récolte et la consommation finale de bois, il existe une chaîne de processus complexe : production intérieure, importations et exportations de bois rond, de produits semi-finis et de produits finis. Son importance relative dépend des hypothèses formulées dans les scénarios et peut donc entraîner des déplacements entre la Suisse et l'étranger pour chacune des prestations climatiques.
- Par conséquent, les hypothèses économiques de l'étude indiquent qu'il n'existe aucune relation directe entre les quantités de bois récoltées en Suisse et la consommation finale intérieure de bois. Avec les effets de prix, la demande de produits en bois et de bois-énergie peut faire augmenter les importations. De même, des mesures adoptées en Suisse pour influer sur les prix entraînent, tout au long de la chaîne de création de valeur, toujours plus d'exportations, car les produits peuvent être plus compétitifs à l'étranger.

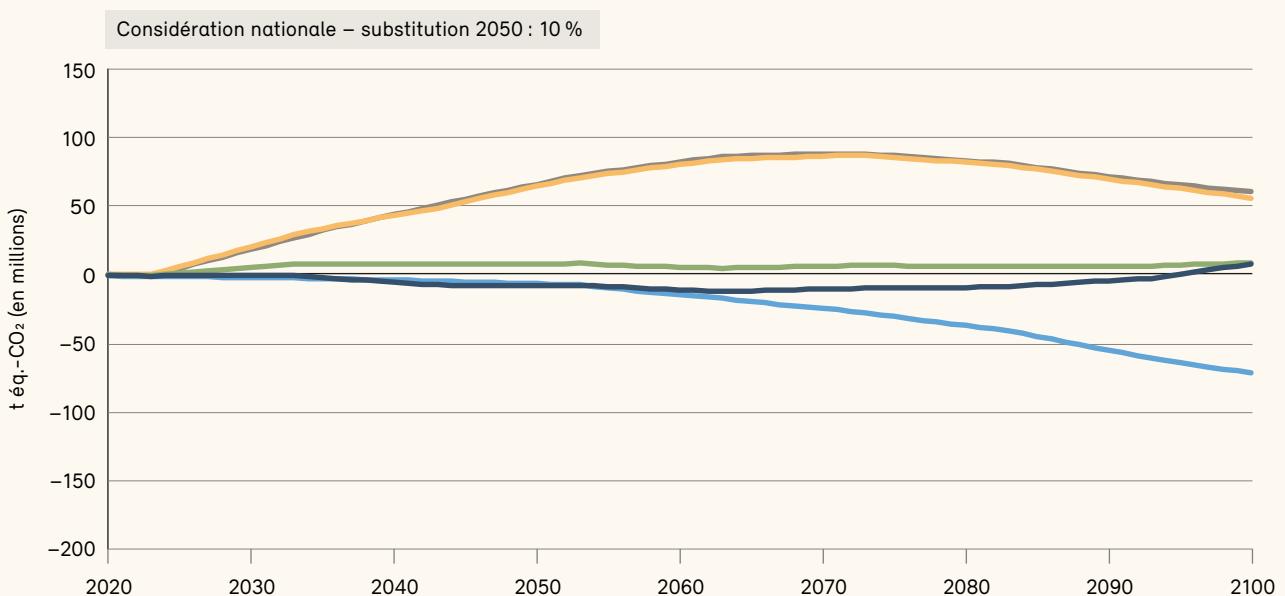
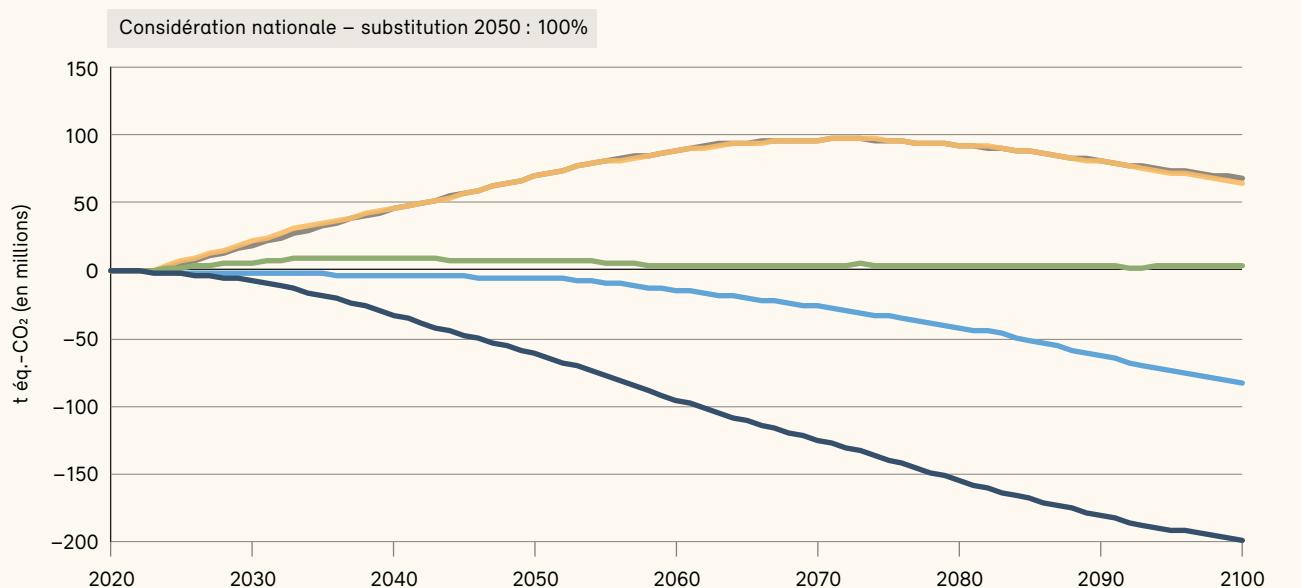


Une comparaison de l'effet global des prestations climatiques de certains scénarios par rapport au scénario de référence, sur la période 2020–2100, donne également des résultats instructifs. Les différences s'expliquent entre autres par le cadre géographique retenu et par les hypothèses d'évolution du potentiel de substitution de l'exploitation du bois.

- Au niveau national (fig. 4), les prestations climatiques totales sont maximales dans le scénario 5\_100 décrivant une consommation intérieure de bois nettement accrue. En effet, dans ce scénario, la baisse des réserves de carbone dans la forêt intervient majoritairement à l'étranger et les effets de substitution du bois importé sont accrus en Suisse. S'agissant du stockage du carbone, seuls les produits en bois indigène contribuent à la prestation climatique totale. En revanche, si l'effet de substitution diminue à l'avenir en raison de la décarbonation visée pour atteindre le zéro net, le scénario décrivant une augmentation du volume sur pied dans la forêt suisse se révèle plus avantageux concernant les prestations climatiques.

**Fig. 4: Considération nationale des effets cumulés des 3S sur le CO<sub>2</sub>**

*Représentation des scénarios étudiés par rapport au scénario de référence: Augmentation du volume sur pied (sc. 2), Augmentation de l'exploitation (sc. 3), Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat (sc. 4), Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_30) et Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_100). Partie supérieure: sans réduction de l'effet de substitution jusqu'en 2050 (en se référant aux facteurs de substitution valables en 2020). Partie inférieure: avec réduction de l'effet de substitution à 10 % du fait de la décarbonation des processus industriels d'ici à 2050. Des valeurs positives correspondent à une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> (en éq.-CO<sub>2</sub>) par rapport à l'évolution de référence.*

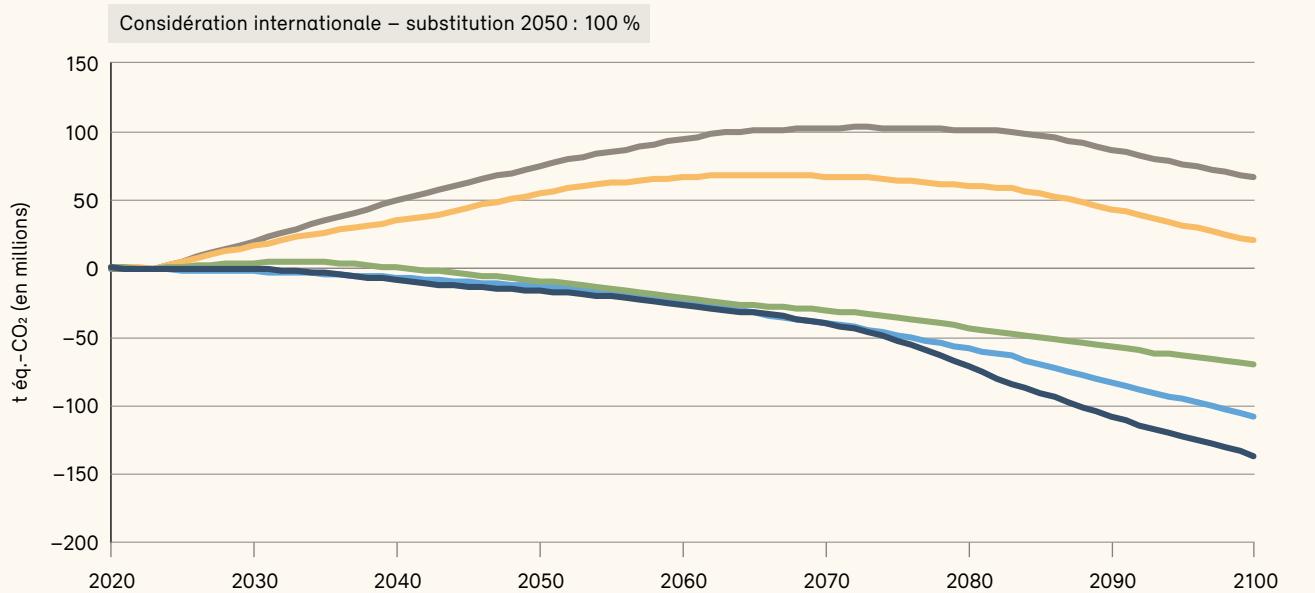


Au niveau international (fig. 5), les prestations climatiques totales du scénario Augmentation du volume sur pied sont aussi importantes que celles du scénario Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois. En revanche, si l'effet de substitution diminue à l'avenir en raison du zéro net, le scénario décrivant une augmentation du volume sur pied dans la forêt suisse est plus favorable.

**Fig. 5: Considération internationale**

**des effets cumulés des 3S sur le CO<sub>2</sub>**

*Représentation des scénarios étudiés par rapport au scénario de référence: Augmentation du volume sur pied (sc. 2), Augmentation de l'exploitation (sc. 3), Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat (sc. 4), Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_30) et Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_100). Partie supérieure: sans réduction de l'effet de substitution jusqu'en 2050 (en se référant aux facteurs de substitution valables en 2020). Partie inférieure: avec réduction de l'effet de substitution à 10 % du fait de la décarbonation des processus industriels d'ici à 2050. Des valeurs positives correspondent à une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> (en éq.-CO<sub>2</sub>) par rapport à l'évolution de référence.*



Augmentation du volume sur pied



Augmentation de l'exploitation



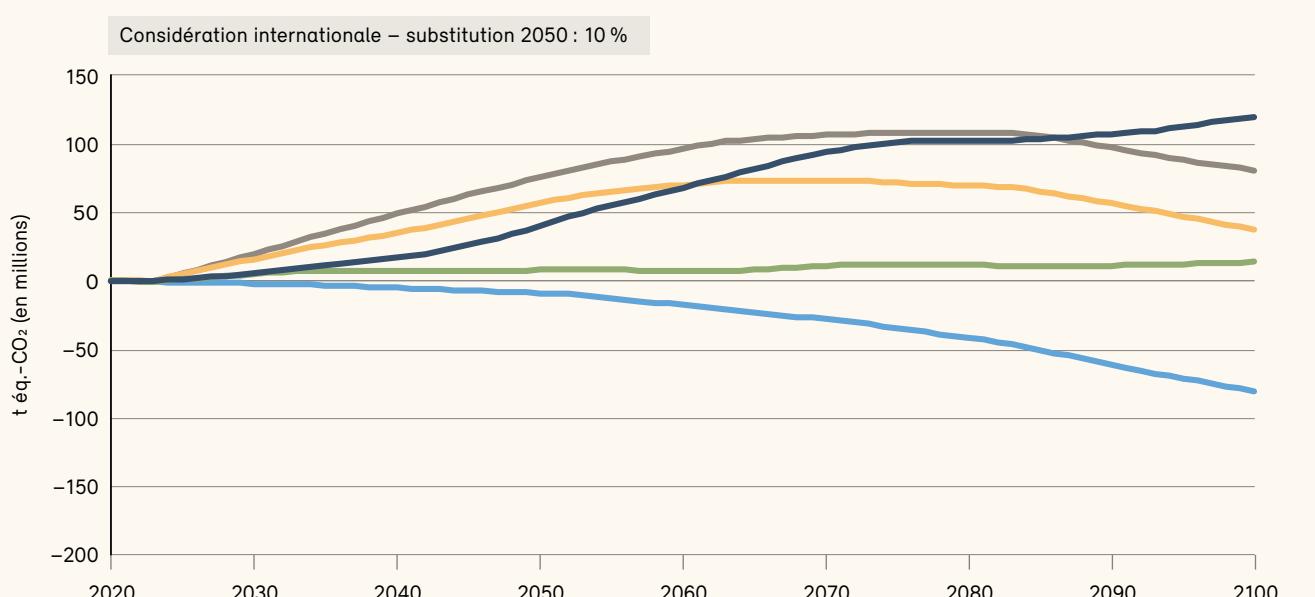
Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat



Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois



Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois



Augmentation du volume sur pied



Augmentation de l'exploitation



Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat



Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois



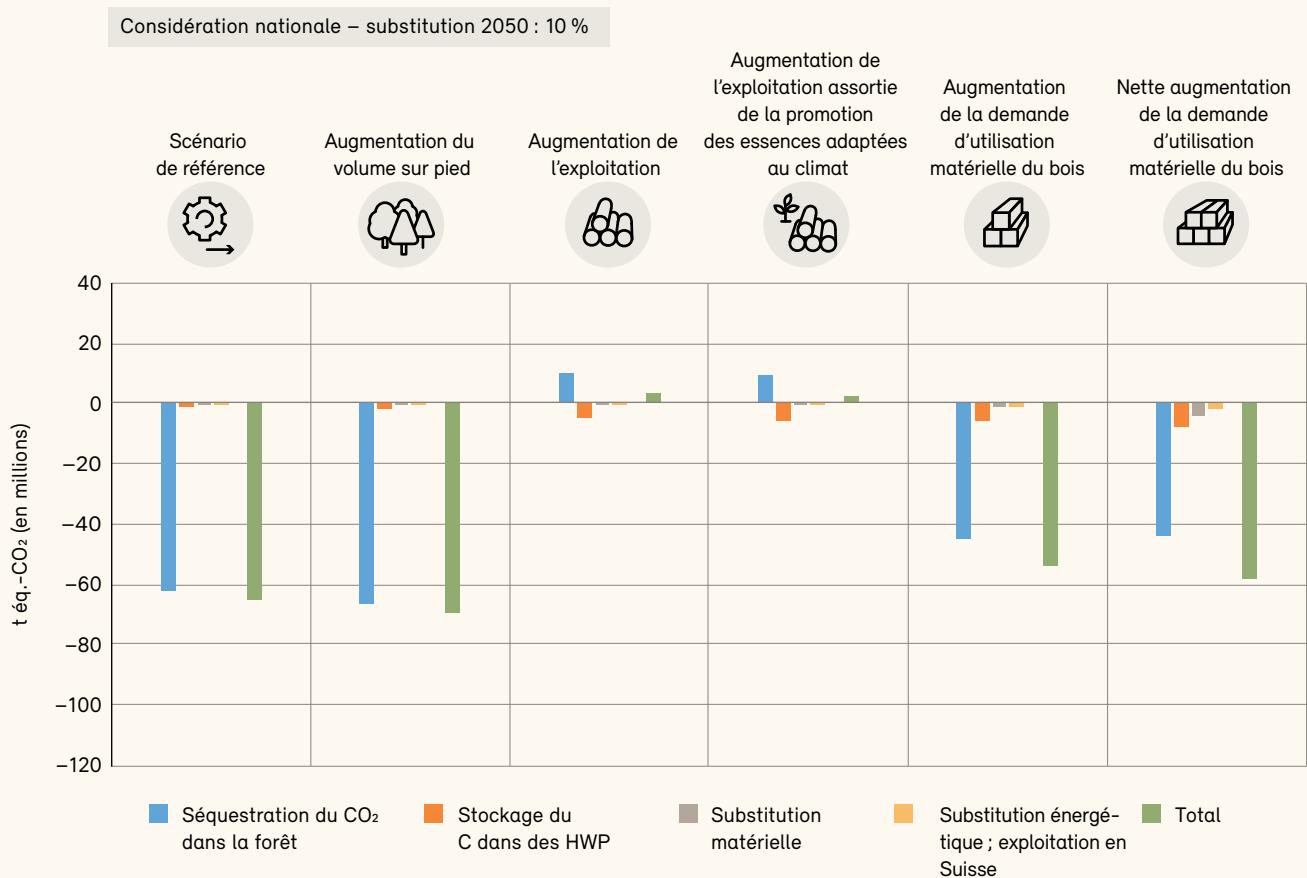
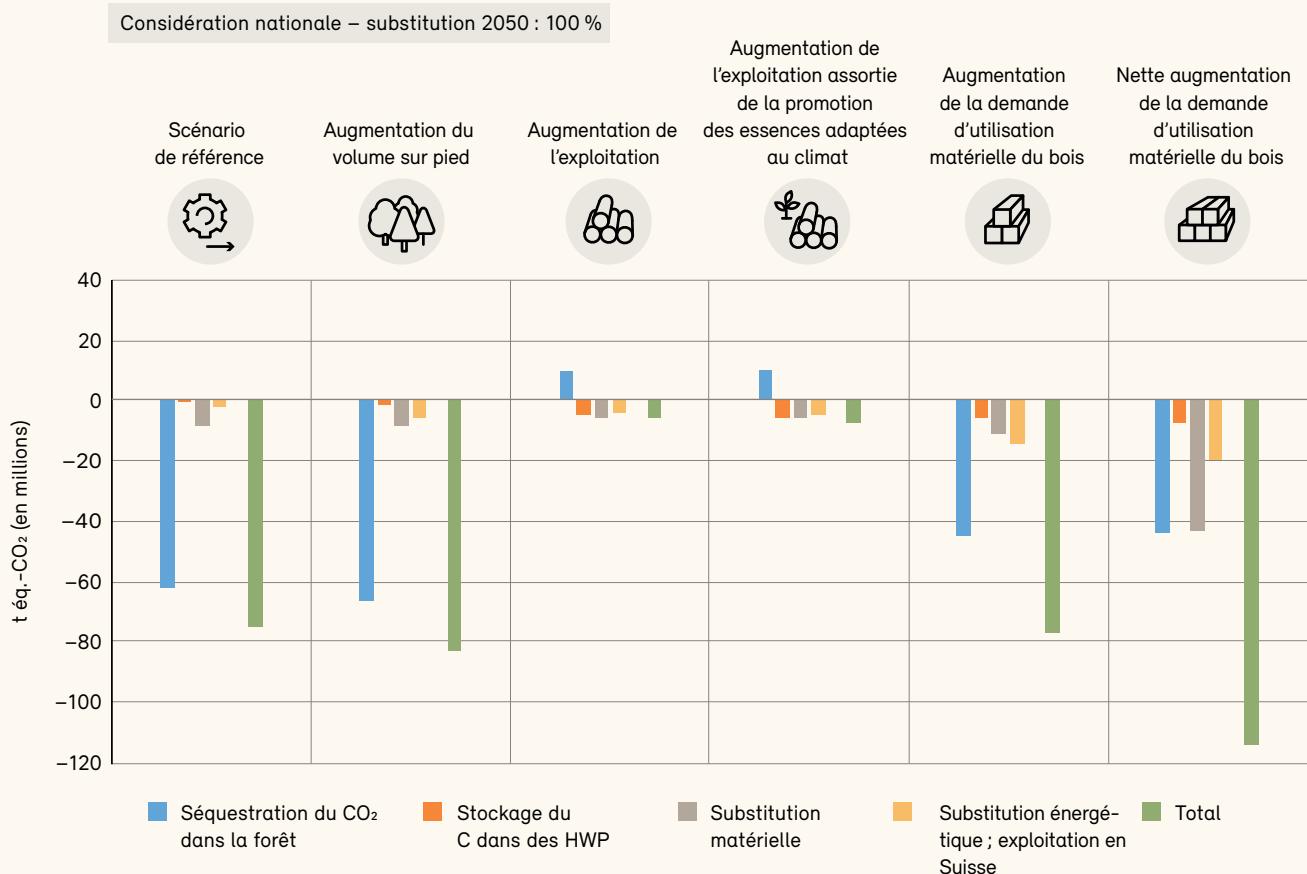
Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois

À la place de représenter les prestations climatiques de différents scénarios par rapport à l'évolution de référence, il est possible de montrer leur effet protecteur sur le climat de manière cumulée sur une période prolongée. Entre 2020 et 2050, cela donne l'image suivante pour la Suisse (fig. 6).

- Au cours des 30 prochaines années, la prestation climatique cumulée du scénario Augmentation du volume sur pied et du scénario Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_30) entraîne une diminution considérable de gaz à effet de serre. Sur l'ensemble de la période, ces scénarios permettent de réaliser conjointement des diminutions comprises entre – 60 et – 80 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>. Les chiffres correspondent approximativement à ceux de l'évolution de référence. La prestation climatique cumulée du scénario Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_100) atteint même – 110 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>. Pour donner un ordre de grandeur, 1,3 à 2,4 fois les émissions annuelles suisses de gaz à effet de serre qui s'élevaient à 45 millions de t éq.-CO<sub>2</sub> en 2021<sup>18</sup> sont ainsi stockés dans la forêt et dans les produits en bois.
- Si l'on suppose une baisse de l'effet de substitution, passant du niveau actuel à 10% en 2050, les réductions d'émissions pour ces mêmes scénarios en Suisse d'ici à 2050 s'élèveront à un total compris entre – 50 et – 60 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire entre 1,1 et 1,3 fois les émissions annuelles de gaz à effet de serre générées actuellement en Suisse. Cette évolution est en phase avec l'objectif de zéro net de la politique climatique suisse.

**Fig. 6: Considération nationale des effets cumulés sur le CO<sub>2</sub> d'ici à 2050**

*Représentation des différentes prestations climatiques pour les scénarios étudiés: scénario de référence (sc. 1), Augmentation du volume sur pied (sc. 2), Augmentation de l'exploitation (sc. 3), Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat (sc. 4), Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_30) et Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_100). Partie supérieure: sans réduction de l'effet de substitution jusqu'en 2050 (en se référant aux facteurs de substitution valables en 2020). Partie inférieure: avec réduction de l'effet de substitution à 10% du fait de la décarbonation des processus industriels d'ici à 2050. Des valeurs positives correspondent à une émission nette de CO<sub>2</sub> (en éq.-CO<sub>2</sub>); des valeurs négatives correspondent à une absorption nette de CO<sub>2</sub>.*



Lorsque le niveau international est considéré (fig. 7), d'autres valeurs apparaissent compte tenu de la balance du commerce extérieur.

- Dans le scénario de référence, le scénario Augmentation du volume sur pied ainsi que dans les deux scénarios Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois et Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois, les émissions cumulées varient entre – 80 et – 100 millions de t éq.-CO<sub>2</sub> sur toute la période. Elles représentent donc entre 1,8 et 2,2 fois les émissions annuelles générées actuellement en Suisse.
- Si l'on admet un effet de substitution réduit à 10% du fait de la décarbonation croissante jusqu'en 2050, les réductions d'émissions cumulées sont moindres pour ces mêmes scénarios, car elles se situent entre – 60 et – 80 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>, soit entre 1,3 et 1,8 fois les émissions annuelles générées actuellement en Suisse. La prestation climatique dans le scénario Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois est même très réduite, atteignant – 10 millions de t éq.-CO<sub>2</sub> d'ici à 2050. Dans les scénarios décrivant une contribution élevée de l'effet de substitution, la réduction de la prestation climatique totale est la plus prononcée.

En outre, l'utilisation en cascade présente des avantages pour la valorisation du bois. La solution optimale est une transformation en produits à la valeur ajoutée maximale qui génère un bénéfice considérable sur le plan écologique et qui permet de multiples utilisations. La prestation climatique globale s'améliore lorsque le bois est d'abord utilisé dans des produits durables – p. ex. éléments de construction ou meubles –, qu'il est utilisé à plusieurs reprises jusqu'à la fin de sa durée de vie, et enfin qu'il sert de combustible. Une valorisation matérielle a toujours la priorité sur l'utilisation énergétique.

Les simulations prouvent aussi l'importance du cadre de référence pour d'autres étapes d'optimisation des prestations climatiques. Selon que l'on considère le monde entier ou que l'on se limite à la Suisse, d'autres stratégies et mesures sont pertinentes. Ainsi, du point de vue national, les importations de produits en bois peuvent contribuer à augmenter l'effet de substitution, tandis que les exportations de bois rond entraînent la baisse des réserves de carbone dans la forêt suisse et n'apportent rien au pool suisse des HWP, car leur prise en compte est impossible selon les règles internationales en vigueur (pt. 2.1).

**Fig. 7: Considération internationale  
des effets cumulés sur le CO<sub>2</sub> d'ici à 2050**

*Représentation des différentes prestations climatiques pour les scénarios étudiés: scénario de référence (sc. 1), Augmentation du volume sur pied (sc. 2), Augmentation de l'exploitation (sc. 3), Augmentation de l'exploitation assortie de la promotion des essences adaptées au climat (sc. 4), Augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_30) et Nette augmentation de la demande d'utilisation matérielle du bois (sc. 5\_100). Partie supérieure: sans réduction de l'effet de substitution jusqu'en 2050 (en se référant aux facteurs de substitution valables en 2020). Partie inférieure: avec réduction de l'effet de substitution à 10% du fait de la décarbonation des processus industriels d'ici à 2050. Des valeurs positives correspondent à une émission nette de CO<sub>2</sub> (en éq.-CO<sub>2</sub>); des valeurs négatives correspondent à une absorption nette de CO<sub>2</sub>.*



## 2.5 Les limites de la pertinence

Au moment de l'interprétation des résultats de l'étude KWHS, il convient de tenir compte du fait que leur pertinence atteint certaines limites posées par les bases de données disponibles. On peut citer entre autres les limitations suivantes.

- En raison des bases scientifiques disponibles, les conséquences des changements climatiques sur la forêt ne sont pas complètement prises en compte dans le cadre de modélisation actuel. Les auteurs ont commencé à modéliser le développement de la forêt avec les données de l'IFN4 (2009–2017). Les premiers résultats intermédiaires de l'IFN5 (2018–2026) n'ont été publiés qu'au cours de l'été 2023, une fois la modélisation forestière achevée. Les récentes observations de l'IFN5 n'ont donc pas pu être intégrées dans la modélisation. Elles indiquent que les conséquences négatives sur la forêt sont plus importantes que celles qui sont modélisées dans l'étude (pt. 3.2). Néanmoins, les résultats et les conclusions de l'IFN5 sont pris en compte dans les travaux qui ont suivi, à savoir la mise en perspective et la réflexion.
- Le scénario climatique modéré RCP 4.5 utilisé pour simuler le développement de la forêt (pt. 2.2) ne tient pas compte des évolutions en cas de changements climatiques plus importants, faute d'observations empiriques pour des scénarios plus extrêmes permettant de calibrer les effets sur la croissance et la mortalité (pt. 3.3).
- Concernant le secteur de la transformation du bois, des aspects importants ne sont pas pris en compte par manque d'informations et de données. Il s'agit du renforcement futur des capacités de transformation, des tendances sociales et des nouvelles technologies telles que le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> (bioénergie avec captage et stockage de dioxyde de carbone, BECSC) ou la bioéconomie.
- La modélisation des flux de bois repose sur la base de données FAOSTAT<sup>19</sup> de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) concernant les produits semi-finis (HWP) (pt. 4.1). Il n'existe pas d'informations internationales sur les produits finis. D'après une analyse de la consommation finale de bois, leurs flux commerciaux ont été déduits par analogie aux produits semi-finis.
- Pour calculer le stockage du carbone dans les produits en bois, l'approche de la CCNUCC relative aux HWP a été utilisée. Cette méthode de prise en compte internationalement reconnue s'applique également à l'inventaire suisse des gaz à effet de serre. Toutefois, il est seulement tenu compte des produits en bois indigène (en Suisse, seuls 30 % des produits en bois utilisés proviennent de bois indigène). Ainsi, les produits en bois importés ne peuvent pas être pris en compte en tant que HWP en Suisse, mais uniquement dans le pays d'origine du bois, tandis que les importations et exportations de bois rond sortent du cadre de référence de la prise en compte internationale (pt. 4.1).
- Des incertitudes entourent le futur effet de substitution du bois étant donné qu'il dépend fortement des évolutions technologiques, économiques et politiques (pt. 4.2).
- Limite du système : l'étude n'inclut pas, entre autres, les effets sur le climat qui sortent du cadre de modélisation. Outre les 3S, la forêt a d'autres effets sur le climat. Grâce à ses propriétés bio-géophysiques telles que son pouvoir réflecteur (albédo), la forêt peut influencer localement le climat (pt. 2.7). La recherche à ce sujet n'en est encore qu'à ses débuts.

## 2.6 Évolution incertaine des prestations climatiques

On ignore encore dans quelle mesure les secteurs suisses de la forêt et du bois pourront à l'avenir fournir les 3S. En effet, la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt est influencée par bon nombre de facteurs et semble notamment diminuer sous l'impact des changements climatiques, comme l'ont montré aussi les premières données de l'IFN5<sup>20</sup> (pt. 3.3). Une baisse de la réserve de carbone dans la forêt se dessine dès aujourd'hui en raison de la modification des conditions climatiques et de la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes qui en résultent, comme la sécheresse, la canicule et les tempêtes. La forêt et ses biocénoses ne sont pas toujours capables de s'adapter suffisamment vite aux changements climatiques. Les peuplements étrangers à la station et éloignés de l'état naturel sont particulièrement fragiles<sup>21</sup>. Cette évolution menace de s'accélérer à l'avenir<sup>5</sup>. Par conséquent, la forêt pourrait éventuellement devenir une source de CO<sub>2</sub>.

Les prestations climatiques de l'utilisation du bois sont elles aussi assujetties à des risques dans les forêts, car la production de bois dépend d'un écosystème forestier sain. Toutefois, les risques pour les prestations climatiques de l'utilisation du bois sont réduits, car ces dernières peuvent être influencées directement ou plus facilement et rapidement que la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt. Les changements climatiques affectent l'utilisation du bois en raison des variations à court terme de la demande mais aussi de l'offre lorsque de grandes quantités de bois endommagé arrivent sur le marché. À long terme, la fluctuation de l'offre d'essences et d'assortiments ainsi que les conséquences négatives sur la qualité du bois auront une incidence sur le marché du bois. Par ailleurs, le contexte politique et économique international peut se répercuter sur les prix du bois et sur la balance commerciale du bois.

Il existe de grandes incertitudes quant au potentiel de l'effet de substitution du bois, car le futur effet dépendra fortement des évolutions technologiques, économiques et politiques telles que le zéro net<sup>3</sup> (pt. 4.2). Comme le montre la mise en perspective de l'étude KWHS, d'une part, on peut imaginer que se multiplient les possibilités de la substitution grâce à de nouveaux domaines d'application et développements pour les produits en bois et le bois-énergie. D'autre part, du fait de la décarbonation visée, la production d'autres matériaux générera elle aussi moins d'émissions à l'avenir. De manière générale, il faut également compter sur des gains d'efficacité. Ces évolutions devraient globalement réduire les émissions de gaz à effet de serre générées par l'économie et, par conséquent, diminuer le potentiel de substitution du bois.

En outre, il faut noter que les prestations climatiques de la forêt et des produits en bois n'ont pas toutes le même effet sur la durée<sup>3</sup>. Par exemple, le stockage du carbone est limité dans le temps, à savoir jusqu'au moment où le carbone fixé dans la forêt est à nouveau libéré dans l'atmosphère lors de la biodégradation du bois ou de sa combustion. Ainsi, vu l'action sur le climat des réservoirs de carbone dans la forêt et dans les produits en bois, seules leurs variations sont déterminantes.

Bien que la durée de l'effet des prestations climatiques de la forêt ne puisse pas être garantie pendant des

centaines d'années, son importance ne devrait pas être sous-estimée. Ainsi, le GIEC consigne dans son dernier rapport<sup>22</sup> que l'extraction efficace et à court terme du carbone de l'atmosphère est un mécanisme fondamental pour atteindre l'objectif que s'est fixé la communauté internationale d'une hausse maximale de la température mondiale de deux degrés Celsius. Contrairement aux autres possibilités d'extraction du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère actuellement en discussion, les mesures de gestion forestière et d'utilisation du bois agissent relativement vite sur le climat, car elles sont connues et prêtes à être mises en œuvre.

De manière générale, il convient de faire attention aux différents horizons temporels: d'un côté, celui de la mise en œuvre des stratégies relatives aux prestations climatiques et à la gestion forestière et, de l'autre, celui des conséquences sur la sylviculture et l'industrie du bois. Alors que de nombreux efforts politiques déployés ciblent les 20 à 30 prochaines années, plusieurs stratégies de gestion forestière misent sur des temps plus longs. Comparée aux évolutions politiques et économiques, la forêt est un système lent. Par exemple, le renouvellement complet de peuplements peut prendre plus d'un siècle. Dans bon nombre de cas, les propriétaires forestiers gèrent leurs peuplements avec retenue et de manière non intensive. À l'inverse, l'industrie du bois se caractérise par des acteurs tournés vers l'économie qui appliquent plus rapidement les décisions, car ils sont confrontés à la pression concurrentielle.

Vu les futures prestations climatiques de la Suisse, la balance commerciale du bois revêt elle aussi une grande importance. Comme on peut le constater, il existe entre notre pays et l'étranger un échange intense de bois et de produits en bois. Environ 70 % du bois ou des produits en bois utilisés en Suisse sont importés. Dans le contexte actuel de la politique des ressources et de la politique climatique de la Suisse, la récolte, la transformation et l'utilisation de bois indigène sont à privilégier. L'étude KWHS prouve que la stimulation de la demande intérieure de produits en bois par des mesures politiques ne favorise pas automatiquement la récolte de bois en Suisse. Il se pourrait même que de telles interventions déplacent leurs effets avant tout à l'étranger.

## 2.7 Influences bio-géophysiques de la forêt sur le climat

Outre le rapport technique KWHS, l'OFEV a fait réaliser une étude sur les processus bio-géophysiques dans la forêt.<sup>2</sup> Elle montre que l'influence de la gestion forestière sur le climat ne se limite pas au cycle du carbone (fig. 8). Ainsi, une structure forestière modifiée agit aussi sur l'albédo, ou sur le refroidissement et le réchauffement de l'environnement. Les modélisations et les calculs effectués dans le cadre de l'étude – qui fait partie des fondements de la présente publication – montrent clairement la diversité et la complexité de ces modifications. Concernant leur effet sur la température, elles sont parfois opposées et fortement dépendantes de la saison et du moment de la journée considérés.

En ce qui concerne spécifiquement la Suisse, les données de télédétection et les modélisations révèlent les conséquences suivantes des processus bio-géophysiques.

- De manière générale, en raison de la capacité de stockage de sa biomasse, la forêt a un effet compensateur sur le climat local et amortit les fortes variations de température.
  - Durant la journée, la forêt sous nos latitudes a un effet réchauffant en hiver et refroidissant en été. L'effet réchauffant en hiver est lié à l'albédo des forêts qui est nettement moindre par rapport aux terrains ouverts souvent recouverts de neige, et est particulièrement marqué en altitude. L'effet refroidissant en été résulte de la présence de flux turbulents de chaleur plus importants au-dessus de la forêt et de l'évaporation accrue par rapport aux herbages ou aux champs. Contrairement à l'effet hivernal, l'effet estival est moins influencé par l'altitude. Cependant, à partir de 1200 mètres d'altitude, l'effet refroidissant est nettement moindre qu'à basse altitude.
  - La nuit, la forêt est, tout au long de l'année, plus chaude que les terres nues. Cela s'explique entre autres par la biomasse qui agit comme un accumulateur d'énergie.
  - Dans l'ensemble, la forêt – comparée aux terres nues – atténue les variations saisonnières et journalières de température. Les effets de compensation saisonniers et journaliers entraînent une diminution de l'impact sur la température moyenne annuelle. Mais, dans des conditions estivales caniculaires, l'effet refroidissant de la forêt peut jouer un rôle important.
- La densité d'arbres dans un peuplement dépend de différents facteurs. Dans la forêt exploitée, il s'agit surtout des interventions sylvicoles et de la composition des essences, mais aussi d'autres influences telles que l'âge du peuplement, les maladies des arbres ou les perturbations comme des tempêtes et des attaques d'insectes. La densité forestière se mesure d'après le couvert du houppier et exerce une grande influence sur la température tout au long de l'année.
  - En hiver, une hausse de 20 % de la densité des arbres se traduit par un réchauffement compris entre 0,1 et 0,4 °C. Cela tient au fait qu'une forêt dense a un albédo plus faible qu'une forêt claire. Cet effet réchauffant est à peu près le même à tous les étages altitudinaux.
  - En été, une hausse de 20 % de la densité des arbres se traduit par un refroidissement. À basse altitude, il est compris entre 0,8 et 1 °C, c'est-à-dire qu'il est nettement plus marqué qu'en haute altitude, où il s'établit entre 0,3 et 0,5 °C seulement. L'effet refroidissant pourrait être dû à une évaporation accrue et à une plus forte rugosité de surface de la forêt dense. L'effet plus marqué à basse altitude s'explique probablement par les températures plus élevées qui y règnent et qui contribuent à une évaporation plus importante.
- La composition des essences et en particulier la proportion de résineux par rapport aux feuillus exercent une influence sur la température.
  - En cas de transformation d'une forêt de résineux en un simple peuplement de feuillus, le réchauffement intervient entre l'hiver et le printemps, mais uniquement en plaine. Il est maximal au printemps et peut aller jusqu'à 1,5 °C. En montagne, le réchauffement n'a lieu qu'au printemps, soit un ou deux mois plus tard. Cela peut paraître surprenant, les résineux plus sombres ayant un albédo plus faible, ils devraient plutôt assurer des températures plus élevées. Mais puisque la rugosité de surface des résineux et le flux turbulent de chaleur sont plus importants, le mélange avec les couches d'air supérieures plus froides est plus marqué au-dessus des forêts de résineux qu'au-dessus des forêts de feuillus.
  - En été, la chute de la température dans les forêts de feuillus est comprise entre 0,2 et 0,6 °C, probablement

en raison de l'évaporation accrue des feuillus. En outre, le feuillage des feuillus est à son développement maximal, ce qui accroît le flux vertical de chaleur et apporte des températures plus basses. Ce refroidissement se produit à tous les étages altitudinaux.

Dans ce contexte, il convient de noter que les stratégies de gestion forestière comme la sylviculture adaptative agissent elles aussi sur le climat local. L'étude des effets bio-géophysiques montre que la forêt de résineux a un albédo plus faible que la forêt de feuillus. La température diurne estivale est donc plus élevée dans la forêt de

résineux. Or, si, avec une sylviculture adaptative, la part de feuillus adaptés au climat augmentait dans la forêt suisse – par la promotion ciblée de la régénération naturelle ou par la plantation –, il y régnerait une température diurne estivale inférieure. Cela s'accompagnerait d'une diminution du danger d'incendie de forêt. Par ailleurs, l'évapotranspiration dans la forêt de feuillus est généralement plus importante que dans la forêt de résineux, ce qui équilibre le climat régional. Cela suppose toutefois une disponibilité suffisante de l'eau, ce qui pourrait devenir problématique à l'avenir, en raison de la multiplication des épisodes de sécheresse.

**Fig. 8: Vue d'ensemble des propriétés biophysiques et des effets possibles sur le climat et la séquestration du CO<sub>2</sub>**

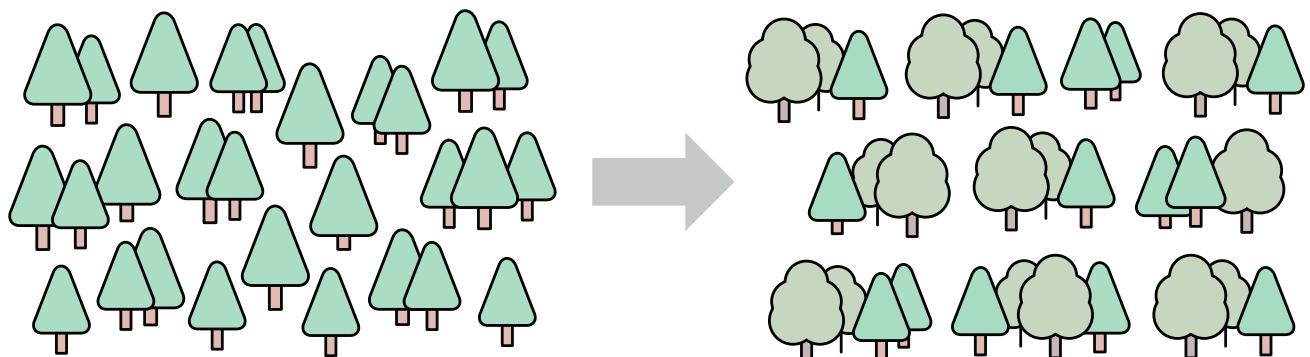
*Lorsqu'une forêt de résineux (à gauche) est adaptée aux changements climatiques au moyen de l'augmentation de la part de feuillus (à droite).*

**Propriétés biophysiques d'un peuplement de résineux comparé à un peuplement de feuillus :**

- Albédo plus bas
- Évapotranspiration plus faible
- Températures diurnes estivales plus élevées
- Températures diurnes hivernales plus basses

**Possibles effets de l'augmentation de la part de feuillus adaptés au climat futur (dans le cadre d'une sylviculture adaptative) :**

- Températures diurnes estivales plus basses du fait de l'albédo et de l'évapotranspiration
- Réduction du danger d'incendie de forêt en cas de disponibilité suffisante de l'eau
- Diversité structurale plus grande
- Biodiversité plus riche





La sylviculture adaptive conjugue régénération naturelle et plantations; forêt près de Bülach  
Photo: Robert Jenni

## Prestations climatiques de la forêt suisse et effets des changements climatiques

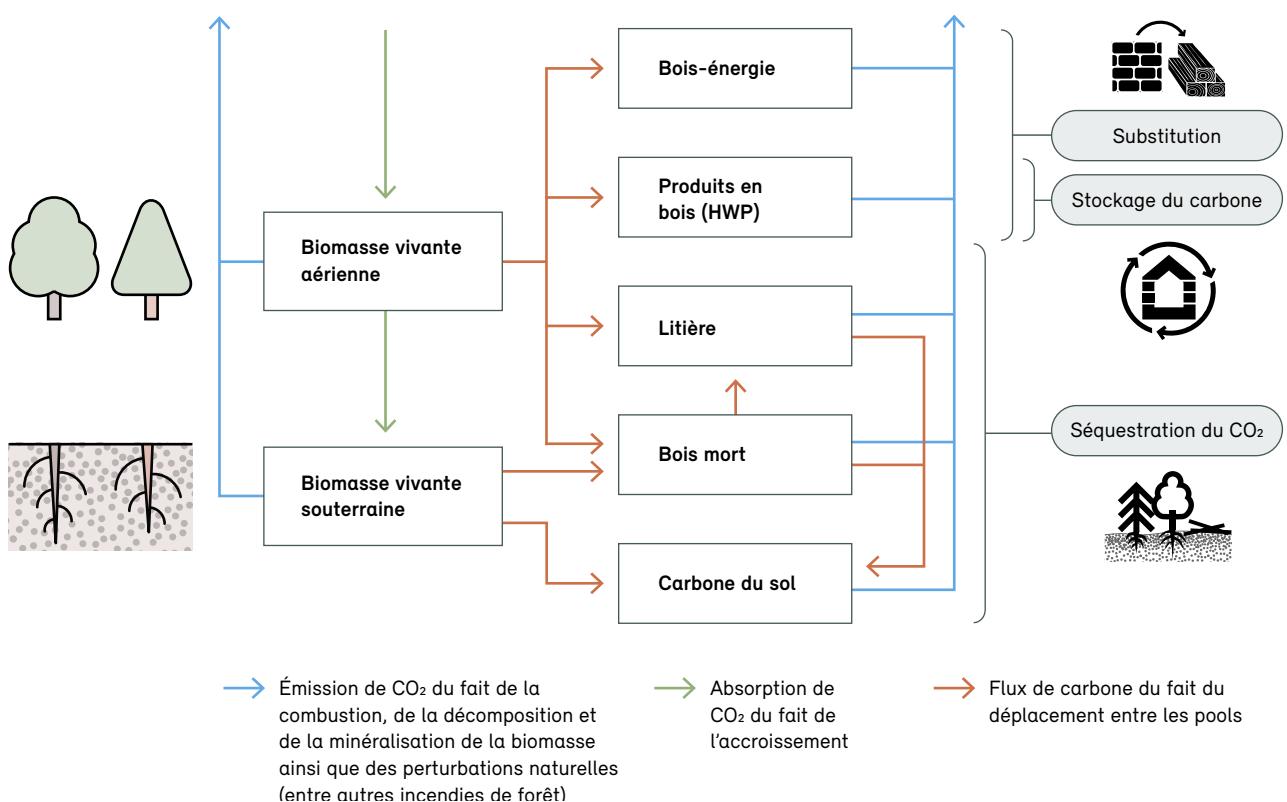
# 3 Garantie de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt

La forêt suisse est un important réservoir de carbone. En comparaison européenne, elle contient les plus fortes réserves de carbone proportionnellement à sa surface, soit 270 tonnes de carbone par hectare. Bien que la majeure partie soit stockée non pas dans les arbres mais dans les sols, le bilan de CO<sub>2</sub> de la forêt est nettement dominé par la biomasse vivante. Ce n'est pas la réserve de carbone dans la forêt qui est considérée comme une prestation climatique, mais bien l'évolution de cette réserve qui est directement liée à la séquestration du CO<sub>2</sub>. Au cours de la dernière décennie, la forêt suisse a extrait de l'atmosphère une quantité nette comprise entre -0,8 et -3,4 millions de t éq.-CO<sub>2</sub> par an. Cependant, les changements climatiques menacent la prestation climatique de la forêt. Pour pouvoir la garantir à long terme, la gestion forestière nécessite des adaptations.

Le réservoir forestier de carbone comprend non seulement la biomasse vivante mais aussi les sols forestiers organiques et minéraux, ainsi que la biomasse morte comme le

bois mort et la litière. Le carbone demeure plus ou moins longtemps dans les divers réservoirs et passe d'un pool à l'autre avec le temps (fig. 9).

Fig. 9: Flux de carbone entre les différents pools des secteurs de la forêt et du bois et représentation des 3S d'après la méthode du GIEC<sup>23</sup>



Ainsi, une partie du carbone se retrouve dans les produits en bois par le biais de l'exploitation du bois (pt. 4.1) ou est brûlé directement. Du fait de l'exploitation et de la mortalité naturelle, une autre partie devient du bois mort qui se décompose progressivement, tout comme la litière. Enfin, le carbone ainsi fixé est stocké dans le sol ou retourne dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone.

Ce n'est pas le stockage aérien ou souterrain du carbone qui est considéré comme une prestation climatique des forêts, mais bien le bilan des flux entrants et sortants de la réserve totale de carbone dans la forêt.

Le bilan climatique de la forêt comprend non seulement la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la biomasse vivante et morte, mais aussi des émissions d'autres gaz à effet de serre qui s'échappent lors du drainage des sols ou lors des incendies de forêt. Afin de pouvoir comparer l'effet des prestations climatiques de la forêt et du bois, les émissions sont indiquées de manière uniforme en équivalents CO<sub>2</sub>, comme décrit au chapitre 1.

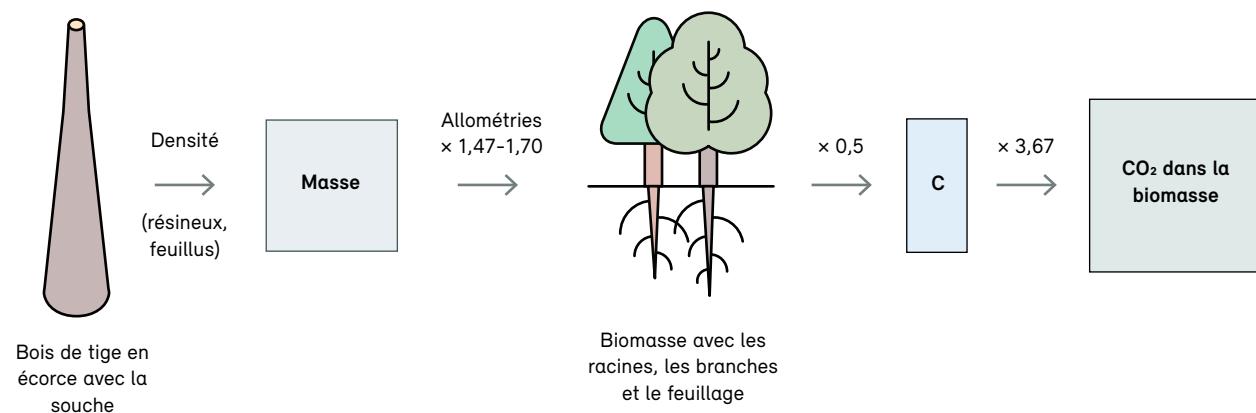
La biomasse vivante d'un arbre comprend non seulement le tronc, mais aussi les racines, l'écorce, les branches, le feuillage et les aiguilles (fig. 10). Sa réserve de carbone et les variations de celle-ci sont estimées d'après les relevés de l'IFN<sup>24</sup> (pt. 3.3). Dans ce cadre, des spécialistes mesurent régulièrement certaines caractéristiques des arbres telles que leur diamètre ou leur hauteur.

Ces valeurs aisément mesurables permettent de calculer le volume. Multiplié par la densité du bois, le volume de bois (m<sup>3</sup>) est converti en masse (t). À l'aide de fonctions de conversion (allométries), il est alors possible d'en déduire la biomasse totale des arbres. En répétant les relevés, les experts peuvent aussi constater les évolutions de cette dernière.

La conversion de la biomasse en CO<sub>2</sub> est illustrée à la figure 10. La biomasse d'un arbre est constituée pour moitié environ de carbone. Ainsi, le bois de hêtre séché au four, dont l'humidité est nulle, pèse environ 680 kg par m<sup>3</sup>, stocke approximativement 340 kg de carbone.<sup>25</sup> Pour fixer le carbone nécessaire à sa croissance, un arbre extrait le dioxyde de carbone de l'atmosphère et divise les molécules. De l'oxygène est alors libéré. Comme une molécule de CO<sub>2</sub> est 3,67 fois plus lourde qu'un atome de carbone, un mètre cube de bois de hêtre fixe quelque 1250 kg éq.-CO<sub>2</sub>. Dans les bois de résineux plus légers – comme l'épicéa –, dont la masse volumique avoisine 430 kg par m<sup>3</sup> une fois séchés au four, à peu près 800 kg éq.-CO<sub>2</sub> sont fixés.

La réserve de carbone du bois mort se fonde elle aussi sur les relevés de l'IFN. La base de données sur les sols de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) fournit des informations sur la réserve de carbone dans la litière et dans le sol. À partir de données pluriannuelles, le modèle YASSO calcule les variations annuelles du carbone stocké dans la litière, dans le sol minéral et dans le bois mort. Toutes les méthodes sont décrites dans l'actuel inventaire des gaz à effet de serre.<sup>18</sup>

Fig.10: estimation de la biomasse (en CO<sub>2</sub>) d'après les mesures de l'IFN (bois de tige en écorce avec la souche)



Avec une réserve totale de carbone de 150 t/ha, la biomasse morte – le bois mort, la litière et les sols – dépasse la biomasse vivante et ses 119 t/ha. Établie à 269 t de carbone ou 986 t de CO<sub>2</sub> par hectare, la réserve totale de carbone des forêts suisses occupe la première place en Europe. Si l'on multiplie cette valeur par la surface forestière figurant dans l'IFN5,<sup>26</sup> c'est-à-dire 1,21 million d'hectares, la réserve de carbone dans la forêt indigène compte actuellement près de 325 millions de t de carbone, soit plus de 1,19 milliard de t éq.-CO<sub>2</sub> stockées<sup>27</sup>.

### 3.1 Facteurs d'influence de la séquestration du CO<sub>2</sub>

Ce n'est pas la réserve de carbone dans la forêt qui est considérée comme une prestation climatique, mais bien sa variation. La séquestration nette du CO<sub>2</sub> de la forêt, appelée séquestration du CO<sub>2</sub> dans la présente publication par souci de simplification, correspond au bilan de CO<sub>2</sub> de la forêt.

Ce bilan comprend les variations du carbone stocké dans la biomasse vivante. Il est influencé par l'absorption de CO<sub>2</sub> à des fins de croissance de l'arbre et par les pertes dues à l'exploitation du bois et des disparitions naturelles (arbres morts). À cela s'ajoutent les variations des réserves de carbone dans le bois mort, dans la litière et dans les sols forestiers, ainsi que les émissions d'autres gaz à effet de serre qui s'échappent lors du drainage des sols organiques ou lors des incendies de forêt. Si les forêts absorbent plus de CO<sub>2</sub> qu'elles n'en libèrent dans l'atmosphère, elles sont un puits (signe moins). Dans le cas contraire, elles sont une source de CO<sub>2</sub>. Les chiffres annuels figurent dans le tableau 1. Le stockage du carbone dans les produits en bois est abordé au chapitre 4.

Bien que la majeure partie du carbone soit stockée non pas dans les arbres forestiers mais dans les sols forestiers, le bilan de CO<sub>2</sub> de la forêt est dominé par la biomasse vivante. Conformément à l'inventaire suisse des gaz à effet de serre de 2024,<sup>18</sup> les sols forestiers et leur horizon organique ont fixé – 0,18 million de t de carbone ou – 0,65 million de t éq.-CO<sub>2</sub> par an, en moyenne des années 2013 à 2022. Sur cette période, le bois mort était un puits séquestrant – 0,08 million de t de carbone ou – 0,29 million de t éq.-CO<sub>2</sub>,

par an. À titre de comparaison, les arbres forestiers vivants absorbent nettement plus de carbone, soit – 0,39 million de t de carbone ou – 1,44 million de t éq.-CO<sub>2</sub> par an. Par conséquent, depuis des décennies, l'augmentation des réserves de biomasse vivante et l'extension constante de la surface forestière caractérisent le bilan de CO<sub>2</sub> de nos forêts.

Si l'on ignore l'année exceptionnelle 2000 – en raison des conséquences de la tempête Lothar –, la production moyenne annuelle de biomasse sur la période 1990–2022 est comprise entre – 12,5 et – 13 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>. Par contre, les pertes de biomasse vivante sont soumises d'une année sur l'autre à des variations bien plus fortes que celles auxquelles la production est exposée. Durant la dernière décennie – les années sans phénomène météorologique extrême –, les pertes de biomasse vivante allaient de 8,5 à 12 millions de t éq.-CO<sub>2</sub> par an du fait de l'exploitation du bois et de la mortalité des arbres. Des écarts importants sont constatés surtout les années au cours desquelles surviennent des perturbations extraordinaires. Par exemple, en 2000, il y avait tellement de chablis suite à la tempête Lothar, qui avait balayé les forêts fin décembre 1999, que la mortalité et l'exploitation ont fait un bond à 17,3 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>. Exceptionnellement, les secteurs suisses des forêts et du bois sont alors devenus une importante source de CO<sub>2</sub>, avec 3,2 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>.

Les années où les forêts ne subissent pas de dégâts considérables, le bilan de CO<sub>2</sub> de la biomasse vivante contribue largement à la capacité de stockage net de la forêt suisse. En comparaison, les bilans du bois mort et des sols organiques et minéraux ne comportent aucune variation extrême susceptible d'impacter le bilan global de manière notable. En revanche, des écarts plus importants apparaissent en cas de décomposition de la litière sous l'influence des températures et des précipitations : d'une année sur l'autre, les fluctuations peuvent dépasser 1 million de t de CO<sub>2</sub>.

Actuellement, les émissions de gaz à effet de serre dues aux incendies de forêt et au drainage des sols forestiers jouent un rôle pratiquement négligeable, dans des proportions minimes exprimées en pour mille.

Si l'on ne tient pas compte des produits en bois (chap. 4), la forêt suisse a extrait de l'atmosphère – 2,4 millions de t de CO<sub>2</sub> par an en moyenne sur la période 2013–2022,<sup>18</sup> avec des quantités nettes annuelles comprises entre – 0,8 et – 3,4 millions de t éq.–CO<sub>2</sub>.

Cette fourchette relativement grande s'explique avant tout par les variations de la récolte de bois et par une mortalité accrue du fait de la sécheresse, des chablis et des attaques de bostryches. Selon l'année, des variations de la litière et, dans une moindre mesure, du bois mort peuvent également influencer le bilan global.

### 3.2 Système de prise en compte des prestations climatiques de la forêt et du bois

La CCNUCC impose à la Suisse et à tous les autres États parties de rendre compte chaque année du bilan de CO<sub>2</sub> des secteurs de la forêt et du bois en dressant un inventaire des gaz à effet de serre.

Des règles spécifiques s'appliquent à la prise en compte de ce bilan de CO<sub>2</sub>. Elles sont renégociées régulièrement par

les États parties à la CCNUCC. Ainsi, le bilan de CO<sub>2</sub> des secteurs de la forêt et du bois en valeur absolue – pendant la seconde période d'engagement du Protocole de Kyoto, soit de 2013 à 2020 – a été calculé par rapport à une valeur de référence définie au préalable. Durant cette période, les règles en vigueur au niveau international ont permis à la Suisse de se faire imputer environ un cinquième de l'effet de puits de carbone de la forêt et du bois figurant dans l'inventaire des gaz à effet de serre. Elle a uniquement fait valoir les mesures supplémentaires qui visaient spécifiquement à améliorer la séquestration du CO<sub>2</sub> ou le stockage du carbone et qui allaient au-delà de la gestion forestière ou de la transformation du bois habituelles. Dans le cadre de l'Accord de Paris (accord sur le climat), des règles adaptées s'appliquent aux secteurs de la forêt et du bois et le bilan de CO<sub>2</sub> en valeur absolue est calculé sans valeur de référence.

### 3.3 Développement actuel des forêts et dernières connaissances issues de l'IFN5

Pour protéger la forêt et l'exploiter durablement, il est nécessaire de disposer d'études de base objectives sur son

**Tab.1: Indicateurs relatifs à la forêt et au bois publiés dans l'inventaire des gaz à effet de serre de 2024<sup>18</sup>**

*Pour la période 1990–2022 et valables pour les surfaces forestières existantes et les surfaces regagnées par la forêt. Les gaz à effet de serre extraits de l'atmosphère (absorption) sont quantifiés en millions de tonnes d'équivalents CO<sub>2</sub>, cette valeur étant précédée d'un signe moins. Les chiffres positifs correspondent à une libération de CO<sub>2</sub>.*

	Production de biomasse (accroissement)	Perte de biomasse (exploitation et mortalité)	Variation du bois mort	Variation dans la litière	Variation dans les sols	Variation des HWP	Émissions produites par des incendies de forêt et le drainage de sols organiques	Variation annuelle dans les produits en bois (HWP)	Bilan net du secteur de la forêt et du bois
1990	– 12,87	11,24	– 0,09	0,18	– 0,38	0,03	– 1,88	– 1,12	– 3,00
2000	– 12,54	17,33	– 0,32	– 0,18	– 0,36	0,01	3,93	– 0,70	3,23
2005	– 12,58	11,19	– 0,45	– 1,14	– 0,32	0,01	– 3,30	– 0,69	– 3,99
2010	– 13,00	11,29	– 0,48	– 1,19	– 0,31	0,00	– 3,70	– 0,43	– 4,12
2015	– 13,08	10,35	– 0,13	0,16	– 0,32	0,00	– 3,01	– 0,07	– 3,08
2018	– 12,25	12,28	– 0,37	– 0,18	– 0,33	0,00	– 0,85	– 0,05	– 0,90
2019	– 12,27	11,32	– 0,39	– 0,44	– 0,34	0,00	– 2,12	0,08	– 2,03
2020	– 12,28	11,60	– 0,42	– 0,64	– 0,34	0,00	– 2,08	0,02	– 2,06
2021	– 12,30	11,98	– 0,53	– 1,13	– 0,35	0,00	– 2,33	– 0,13	– 2,46
2022	– 12,31	12,36	– 0,39	– 0,59	– 0,33	0,01	– 1,26	– 0,04	– 1,29

état et sur les modifications de l'ensemble de ses fonctions. Pour ce faire, le WSL et l'OFEV ont débuté les travaux liés à l'IFN au milieu des années 1980<sup>24</sup>. Depuis, des données actuelles sont régulièrement relevées : surface forestière, volume sur pied, accroissement, exploitation, biodiversité, qualité de la forêt protectrice, prestations socioculturelles de la forêt et autres paramètres. Les résultats de l'IFN servent de bases de travail et de décision pour les responsables politiques, la société, les milieux économiques et les chercheurs.

Les relevés en cours concernent la cinquième période d'inventaire allant de 2018 à 2026, les résultats intermédiaires des cinq premières années<sup>20</sup> (jusqu'en 2022) étant disponibles depuis le printemps 2023. Ceux-ci montrent que les phénomènes météorologiques extrêmes ont laissé des traces profondes dans la forêt suisse après 2018. Ainsi, il y a plus d'arbres morts et endommagés. Les principales raisons sont les pertes de vitalité et la mortalité induites par la récurrence accrue de la sécheresse, de la canicule et des chablis. Les attaques d'insectes, ainsi que les maladies fongiques et autres sont plus fréquentes elles aussi.

Toutefois, une partie des dégâts actuels n'est pas liée aux changements climatiques, ou que de manière indirecte. Cela est vrai par exemple pour le dépérissement des pousses du frêne, maladie causée par un champignon exotique, ou pour la multiplication des attaques de bostryches survenant sur les épicéas. Ici, on constate un enchaînement complexe de nombreux facteurs. À des altitudes inférieures à 800 m, les épicéas poussent dans des hêtraies naturelles et sont donc considérés comme étrangers à la station. Pour l'épicéa, dont les racines sont peu profondes, nombre de ces stations sont devenues trop chaudes et trop sèches. Cela provoque des pertes de vitalité et rend les arbres plus sensibles à d'autres perturbations telles qu'une attaque de bostryches ou un chablis.

Actuellement, l'épicéa demeure l'essence la plus courante de Suisse et la plus importante du point de vue économique. Pourtant, les résultats intermédiaires de l'IFN5 prouvent qu'il est affecté par une nette hausse de la mortalité et par des exploitations forcées dans le Jura, sur le Plateau et dans quelques parties des Préalpes. Les attaques d'insectes et les tempêtes sont les principales causes.

La lutte contre la propagation et la multiplication du bostryche requiert des mesures actives de la part des propriétaires forestiers sous forme d'exploitations forcées. Des épicéas affaiblis et affectés doivent être abattus le plus vite possible, puis soit évacués pour être transformés, soit écorcés avant d'être entreposés en forêt. Sans cette lutte, les bostryches pourraient se reproduire et attaquer d'autres peuplements<sup>28</sup>. En outre, ces insectes profitent du réchauffement climatique dans la mesure où ils se développent plus rapidement, plusieurs générations faisant ainsi leur apparition en une année.

Le hêtre, deuxième essence la plus courante de Suisse, souffre lui aussi de l'accentuation de la sécheresse et de la canicule, qui varie fortement d'une région à l'autre. Après 2018, les plus grands changements sont intervenus avant tout dans la région de production du Jura. Les conditions stationnelles y sont encore plus exigeantes en raison de sols superficiels et perméables à l'eau en particulier dans la région karstique. Même si, dans le Jura, le hêtre est une essence qualifiée d'adaptée à la station, il souffre vite d'un manque d'eau lors des épisodes de sécheresse prolongés. Il en va de même pour les autres essences présentes comme l'épicéa et le sapin. La mortalité dans cette région a donc plus que doublé en cinq ans.

Les résultats intermédiaires de l'IFN5 montrent aussi que peu de jeunes arbres repoussent. La part de forêts fermées s'est accrue, et ces dernières sont de plus en plus formées d'une seule strate. Ces tendances conduisent à une moins bonne résistance des forêts aux perturbations telles que les tempêtes et les attaques de bostryches.

En outre, dans de nombreuses forêts protectrices, les conditions stationnelles se modifient lorsque la chaleur augmente en raison des changements climatiques. À l'avenir, la fonction protectrice y sera assurée par d'autres essences d'arbres. Or, pour que ces nouvelles essences puissent s'établir, les forêts doivent se régénérer. C'est pourquoi le processus de régénération constitue un élément clé de l'adaptation des forêts protectrices aux changements climatiques.

La combinaison d'une sensibilité accrue aux perturbations et d'une régénération déficitaire est un risque pour la fonction protectrice à long terme. En effet, si d'importantes

trouées se forment dans les forêts protectrices et qu'il manque des jeunes arbres, la protection contre les dangers naturels peut se révéler insuffisante pour une certaine période. De plus, l'adaptation des forêts aux changements climatiques peut s'en trouver retardée.

La disparité des évolutions dans les régions de production indique que non seulement les changements climatiques mais aussi d'autres facteurs d'influence jouent un rôle. Il s'agit entre autres de l'altitude, des conditions stationnelles, des propriétés du sol, de la disponibilité de l'eau pendant les périodes de sécheresse, de l'âge et du mélange des essences des peuplements ainsi que de la capacité d'adaptation des différentes essences.

Les sols forestiers suisses ont des réserves de carbone relativement importantes. Elles sont même supérieures à celles de la biomasse vivante des arbres. Le maintien de la réserve de carbone dans le sol constitue donc un objectif essentiel. Une intensification de la gestion forestière peut faire baisser cette réserve. Aussi est-il primordial que la gestion forestière ménage le sol afin d'éviter autant que possible la diminution des stocks de carbone qu'il contient.<sup>3</sup> Les pratiques de gestion forestière comme la promotion d'une grande variété d'essences ou du bois mort font partie intégrante d'une sylviculture durable et proche de la nature. Elles ont un impact positif sur la biodiversité et peuvent se traduire par une augmentation des réserves de carbone dans le sol<sup>5</sup>. Toutefois, si des perturbations naturelles surviennent, telles que des incendies de forêt ou des chablis, de grandes quantités de carbone sont libérées<sup>29</sup>. Selon le GIEC, ces graves perturbations seront de plus en plus fréquentes avec la progression des changements climatiques<sup>22</sup>.

Concernant la hausse de la mortalité observée dans l'IFN5,<sup>20</sup> il est à noter que la réserve de carbone dans le bois mort met plusieurs décennies à s'épuiser, cette durée variant en fonction de l'essence et des conditions climatiques. Elle est maximale<sup>30</sup> en conditions froides ou sèches. Le bois mort ayant une demi-vie moyenne de 35 à 50 ans, sa décomposition est comparable à celle des produits en bois<sup>31</sup>.

#### Conséquences des évolutions du volume sur pied

D'après les résultats intermédiaires de l'IFN5, le volume sur pied – et donc aussi la réserve de carbone – dans la forêt est resté relativement stable dans l'ensemble du pays. S'agissant de son évolution, de grandes disparités régionales existent néanmoins. Ainsi, le volume sur pied sur le Plateau n'a cessé de diminuer depuis le passage au nouveau millénaire. À l'inverse, dans l'espace alpin et dans le sud des Alpes, il a encore une fois augmenté. Les tendances et évolutions constatées indiquent que, si les perturbations devenaient toujours plus fréquentes à l'avenir, de plus fortes diminutions du volume sur pied en Suisse ne sauraient être exclues.

Les pertes annuelles seraient donc potentiellement supérieures aux quantités de CO<sub>2</sub> fixées, et la forêt pourrait devenir une source de CO<sub>2</sub>.

### 3.4 Les changements climatiques accentuent les risques dans la forêt

D'après l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse), la température moyenne en Suisse a fortement augmenté depuis le début des mesures. Comparée à la moyenne préindustrielle de la période 1871–1900, la hausse entre 2014 et 2023 s'élevait déjà à 2,7 °C<sup>32</sup>. En l'absence de contre-mesures visant une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre au cours des décennies à venir, les scénarios climatiques du National Centre for Climate Services prévoient, d'ici à 2060 environ, des étés encore plus secs avec une élévation continue de la température de l'air au sol comprise entre 2,5 et 4,5 °C. Cela s'accompagnerait d'épisodes de sécheresse plus longs, davantage de journées caniculaires et moins de précipitations alors que des hivers faiblement enneigés risqueraient de relever la limite du zéro degré de 650 m.

Même si les États parties à l'accord sur le climat réussissent à atteindre l'objectif de zéro émission net de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre d'ici à 2050, le réchauffement planétaire se poursuivra en raison des émissions passées.

Le réchauffement climatique a des répercussions considérables sur nos forêts et sur leurs fonctions et prestations,

notamment la prestation climatique. Ainsi, le rapport «Adaptation de la forêt aux changements climatiques»<sup>5</sup> adopté par le Conseil fédéral en 2022 estime que les étages de végétation s'élèveront de 500 à 700 m d'altitude d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, par rapport aux niveaux d'aujourd'hui, du fait de l'accentuation de la sécheresse estivale. Aussi, les arbres qui germent aujourd'hui connaîtront un climat fortement modifié lorsqu'ils auront atteint leur maturité. Cette nouvelle donne modifiera les stations forestières et, avec elles, le mélange des essences. Il est encore difficile de savoir comment la composition modifiée des espèces affectera la biodiversité. Les changements climatiques rapides devraient néanmoins compromettre toute capacité d'adaptation et toute échappatoire pour beaucoup d'espèces. Le rapport du Conseil fédéral indique : «La hausse des températures et l'intensification des épisodes de sécheresse durant la période de végétation génèrent un stress pour les arbres et pour d'autres espèces forestières et favorisent l'infestation par des organismes nuisibles ainsi que la prolifération de ces derniers». De ce fait, il faut s'attendre plus fréquemment à un manque à gagner pour l'économie forestière, à un risque accru d'incendies de forêt, et à des atteintes à la fonction protectrice des forêts et à leur utilisation récréative.

Par ailleurs, les perturbations climatiques survenant dans les forêts risquent, si les dégâts sont nombreux et étendus, de libérer dans l'atmosphère, sous forme de CO<sub>2</sub>, le carbone stocké dans les forêts. Les forêts de résineux riches en volume sur pied, étrangères à la station et uniformes, les forêts présentant une régénération insuffisante, et les peuplements dans des stations sèches ou devenues sèches sont particulièrement vulnérables.

### 3.5 Adaptation impérative des forêts aux changements climatiques

Le réchauffement climatique à long terme et les dégâts récemment causés aux forêts témoignent d'une évolution critique, comme le montrent aussi les évaluations des données de l'IFN5<sup>20</sup>. Cela relève donc du défi d'atteindre les objectifs de la politique forestière et illustre l'importance des mesures présentées visant à adapter la forêt aux changements climatiques. La politique forestière suisse entend préserver la forêt en tant qu'écosystème diversifié,

résilient et donc capable de s'adapter et de fournir ses prestations à long terme. Même si les conditions climatiques changent, ce milieu naturel doit pouvoir remplir ses fonctions et fournir ses prestations à la société et aux milieux économiques. Vu les risques climatiques, il est décisif de garantir une gestion forestière durable.

Une sylviculture adaptive proche de la nature doit permettre d'adapter au mieux la forêt au climat actuel et futur, et de maîtriser l'évolution du volume sur pied dans des forêts sensibles au climat<sup>5</sup>. Le but est notamment d'accroître la vitalité des peuplements en se concentrant sur leurs capacités de résistance, de régénération et d'adaptation. À cet égard, la promotion de la biodiversité joue un rôle central : amélioration de la diversité des essences, de la diversité structurale et de la diversité génétique.

C'est ainsi qu'au fil du temps apparaissent davantage de forêts diversifiées et résilientes, qui se remettent vite des perturbations subies, qui remplissent à long terme leurs fonctions, qui peuvent continuer de s'adapter à la progression des changements climatiques et qui fournissent durablement les prestations souhaitées. La capacité de séquestration des forêts serait par-là elle aussi préservée sur le long terme.

L'adaptation de la forêt aux changements climatiques réduit le risque que sa capacité à extraire le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et à le stocker diminue<sup>3</sup>. Pour les peuplements sensibles au climat qui poussent souvent dans des stations et des sols secs ou qui sont dominés par des résineux inadaptés à la station, cela requiert que les responsables sylvicoles prennent des décisions ciblées et des mesures correspondantes : récolter et transformer plus de bois à court et moyen termes, promouvoir les essences d'avenir, etc. À l'inverse, dans les peuplements adaptés, peu exposés aux risques et qui poussent dans des stations ad hoc, le volume sur pied peut augmenter selon la situation.

Il est possible que les mesures d'adaptation entraînent une réduction du volume sur pied au cours des décennies à venir, mais qu'à long terme celui-ci augmente de nouveau. Il faut tenir compte de la modification des conditions stationnelles, de la nouvelle composition des essences adaptée au climat et des principes de la gestion forestière adaptive proche de la nature.

### 3.6 Autres obstacles et défis

Comme le rapport du Conseil fédéral «Adaptation de la forêt aux changements climatiques»<sup>5</sup> l'indique, la voie qui mène à des forêts adaptées et résilientes est semée d'obstacles, dont l'abrutissement des jeunes arbres par les ongulés, phénomène affectant de vastes zones du pays. Des animaux sauvages (chevreuils, cerfs et chamois) causent d'importants dégâts de frayure ou d'abrutissement à des essences d'avenir telles que le sapin blanc, l'érable sycomore, le chêne sessile, le pin sylvestre ou l'aliérat torminal. Les jeunes arbres sont souvent incapables de se maintenir sans des dispositifs de protection. Sont concernés les arbres issus de la régénération naturelle et plus encore les arbres plantés. La pression des populations de gibier actuelles risque de faire échouer le passage souhaité à des essences plus résistantes au climat, faute de régulation suffisante des effectifs d'ongulés sauvages. Pourtant, les propriétaires forestiers considèrent souvent que les mesures de protection contre le gibier sont complexes et coûteuses.

Les bases de planification sylvicole souvent insuffisamment dynamiques constituent un autre obstacle à surmonter : dans certains cas, elles sont encore trop peu axées sur les défis posés par les changements climatiques.

Par ailleurs, plus d'un tiers des forêts suisses ne sont pas exploitées ou uniquement de manière irrégulière, souvent pour des raisons économiques. Dès lors que les coûts de l'exploitation dépassent les recettes des ventes de bois, nombreux sont les propriétaires forestiers à réduire les mesures d'entretien et la récolte de bois au strict minimum.

À cela s'ajoute le fait que l'économie forestière suisse, myriade de très petites structures, compte quelque 250 000 propriétaires forestiers et manque encore d'organisation face aux tâches à accomplir. Sauf dans les forêts protectrices et en cas de dégâts forestiers considérables, il n'existe en Suisse aucune obligation légale de gérer les forêts.

### 3.7 Instruments de pilotage de la politique forestière

La révision de la loi sur les forêts en 2016 a permis à la Confédération de poser les bases légales des mesures d'adaptation de la forêt aux changements climatiques, de lutte contre les organismes nuisibles et d'augmentation de l'exploitation et de l'utilisation du bois. C'est principalement dans le cadre de la réforme de la péréquation financière et de la répartition des tâches entre la Confédération et les cantons que la Confédération conclut des conventions-programmes avec les cantons. La convention-programme dans le domaine des forêts, avec ses programmes partiels «Forêts protectrices», «Biodiversité en forêt» et «Gestion des forêts», est déterminante. De manière générale, les mesures que la Confédération et les cantons soutiennent financièrement ont un impact positif sur les prestations climatiques de la forêt. Ces mesures favorisent en effet des aspects tels que le développement de la forêt dans le contexte des changements climatiques ou l'optimisation des conditions d'exploitation. En outre, des subventions de l'OFEV sont disponibles pour des activités de recherche ou d'observation de l'environnement.

À cela s'ajoutent les crédits d'investissement pour l'économie forestière. Ils visent à améliorer la gestion forestière à moyen et long termes. Ils financent ainsi des projets et des acquisitions servant à la protection contre les catastrophes naturelles ou à l'entretien et l'exploitation rationnels de la forêt.

Par ailleurs, la Confédération a déjà réalisé différentes études de base et mis au point des instruments sur le thème de la forêt et des changements climatiques. Ceux-ci figurent dans le rapport du Conseil fédéral «Adaptation de la forêt aux changements climatiques».<sup>5</sup> La vue d'ensemble correspondante montre notamment les domaines dans lesquels il est encore nécessaire d'agir et les mesures qui doivent être prises.

La stratégie intégrale forêt et bois 2050<sup>6</sup> définit la perspective à long terme, à l'horizon 2050, mais aussi les mesures permettant d'atteindre les objectifs de la politique forestière.





**Markthalle Toggenburg, le marché couvert à Wattwil SG, 2005**  
Foto: Ralph Feiner, Malans / LIGNUM

## Les prestations climatiques de l'utilisation du bois en Suisse

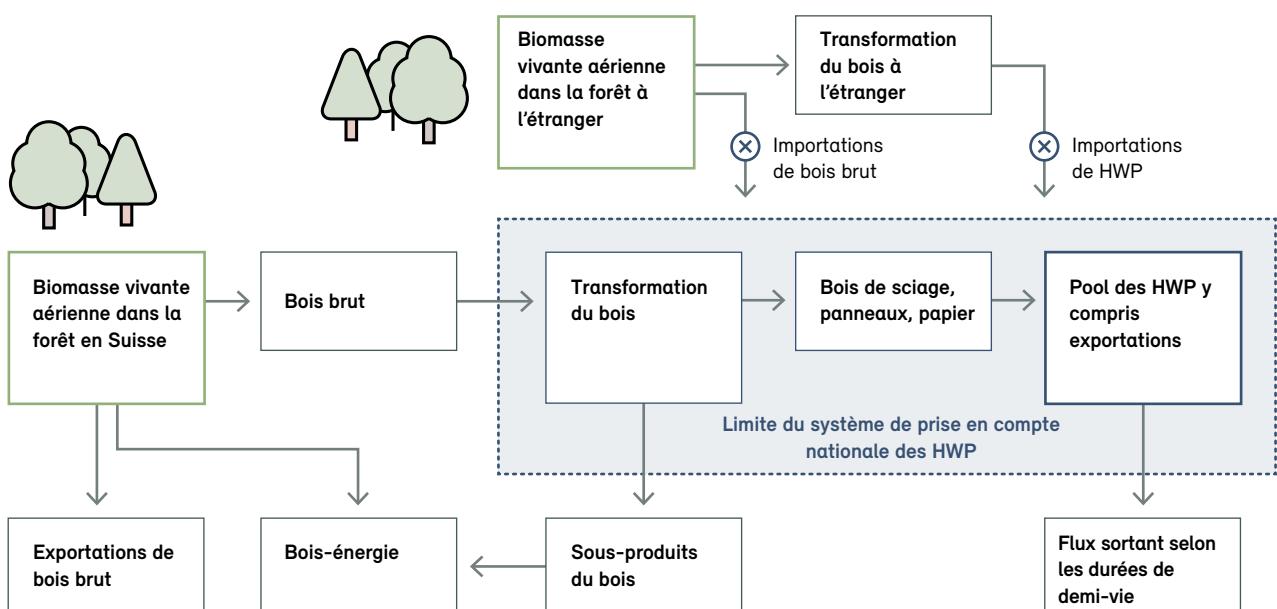
# 4 Multiplier et prolonger l'utilisation des produits en bois

La récolte de bois à des fins d'utilisation matérielle et énergétique peut contribuer positivement à la protection du climat. Du point de vue suisse, la part du stockage du carbone dans les produits en bois peut être augmentée si davantage de ces produits sont fabriqués à partir de bois indigène et si les pertes de bois lors de la récolte sont réduites au maximum. Une utilisation matérielle multiple qui prolonge la durée de stockage du carbone optimise elle aussi la prestation climatique. Si le bois remplace des matériaux de construction fortement émetteurs ou des agents énergétiques fossiles, moins d'émissions sont générées et l'effet de substitution est renforcé. En comparaison avec la séquestration du CO<sub>2</sub> dans les forêts suisses, l'ordre de grandeur du stockage du carbone dans les produits en bois et de l'effet de substitution est nettement moindre, ce qui n'enlève rien à leur importance.

Des produits en bois durables font partie de notre quotidien. De nombreux meubles dans nos intérieurs ou sur notre lieu de travail sont fabriqués à partir de cette matière première renouvelable : cadre de lit, armoire, modules de cuisine, table, bibliothèque, bureau, etc.

La réserve de carbone dans le mobilier est moins importante que celle du parc immobilier suisse, avec ses murs, plafonds, combles, façades, isolants, fenêtres, portes, escaliers ou revêtements de sol en bois. À cela s'ajoutent d'autres utilisations comme les emballages, les clôtures,

Fig. 11: Limite du système de prise en compte (ligne pointillée) des HWP, telle qu'appliquée par l'inventaire suisse des gaz à effet de serre conformément aux règles internationales de prise en compte du GIEC.



les abris, les systèmes de coffrage, les planches d'échafaudage et les éléments d'infrastructures telles que les ponts, les parois antibruit ou les traverses de chemin de fer.

Certes le carbone stocké dans un tronc d'arbre disparaît de la forêt lors de la récolte de bois mais, si le bois de sciage et le bois d'industrie sont transformés en produits durables, une partie du carbone stocké demeure fixée, elle change simplement de lieu de stockage (fig. 11). Le carbone n'est libéré que lorsque les produits en bois en fin de vie sont brûlés ou se décomposent.

En Suisse, la quantité totale de carbone fixée dans des produits durables en bois indigène s'élève à 16,5 millions de t de carbone.<sup>18</sup>

#### 4.1 Le stockage du carbone dans les produits en bois

Dans le cadre de l'accord sur le climat, les règles de prise en compte en vigueur au niveau international imposent aux États parties de rendre compte des variations de la réserve de carbone dans les produits durables en bois indigène. Comme pour la prestation climatique des forêts, dans le cas des HWP, ce n'est pas la réserve de carbone qui est considérée comme une prestation climatique, mais bien le bilan annuel des flux de carbone entrants et sortants du pool des HWP (fig. 11). Ce bilan correspond au stockage net du carbone dans les produits en bois, appelé stockage du carbone dans la présente publication par souci de simplification. Si la Suisse veut faire état d'un effet de puits dans ce domaine, le flux entrant dans le réservoir de carbone du pool des HWP à partir du bois suisse doit être supérieur au flux sortant.

Pour calculer le bilan des HWP, les volumes annuels de production de produits semi-finis (p. ex. bois de sciage et matériaux en bois), de papier et de carton à partir du bois suisse sont déterminants. Ils sont notamment saisis dans la base de données FAOSTAT<sup>19</sup>. Le flux sortant est déterminé à l'aide d'une fonction de décroissance,<sup>1</sup> qui suppose une demi-vie de 35 ans pour le bois de sciage et de 25 ans pour les panneaux. Pour les produits ayant une courte durée de vie comme le carton et le papier, la demi-vie est ramenée à deux ans.

Selon l'inventaire suisse des gaz à effet de serre de 2024,<sup>18</sup> le stockage du carbone dans les produits en bois entre 2013 et 2022 s'élevait en moyenne à – 21 920 t éq.-CO<sub>2</sub> par an. Cela correspond à 0,9 % du bilan climatique total des secteurs de la forêt et du bois sur cette période (– 2,4 millions de t éq.-CO<sub>2</sub>, chap. 3, tab. 1). Depuis les années 1990, la capacité de stockage est en baisse constante. Concernant les produits en bois provenant de Suisse, elle atteignait en moyenne, entre 1990 et 1995, – 590 000 t éq.-CO<sub>2</sub> par an. Ce bilan carbone s'est plus ou moins équilibré ces dernières années.

En 2013, 2017, 2019 et 2020, le pool des HWP était même une source de CO<sub>2</sub>. En effet, il absorbait moins de carbone – en raison des durées de demi-vie – qu'il n'en libérait.

L'industrie suisse du bois continue de subir les conséquences d'une restructuration difficile que des distorsions économiques ont déclenchée dans le sillage de la crise financière mondiale de 2007. La fermeture en 2008 de la fabrique de cellulose d'Attisholz (SO), la fin économique en 2010 de la grande scierie moderne de Domat/Ems (GR), en exploitation depuis quelques années seulement, et la fermeture de deux usines Pavatex, à Fribourg (2014) et à Cham (2019), pèsent lourd dans la balance. La situation s'est quelque peu normalisée depuis que les prix du bois se sont remis à augmenter légèrement ces dernières années, après une longue tendance baissière.

Toutefois, sans modification notable du cadre économique en faveur de l'économie forestière et de l'industrie du bois en Suisse, la tendance ne devrait guère s'inverser. C'est pourquoi, au moins à court terme, le stockage du carbone dans les produits en bois durables n'égalera plus les prestations climatiques des années précédentes. À l'instar des forêts, la prise en compte du bilan de CO<sub>2</sub> en valeur absolue pendant la seconde période d'engagement du Protocole de Kyoto a été calculée par rapport à une valeur de référence définie au préalable (pt. 3.2). Dans le cadre de l'accord sur le climat, des règles adaptées s'appliquent et le bilan de CO<sub>2</sub> en valeur absolue est calculé sans valeur de référence.

## 4.2 Le bois remplace des matériaux et des agents énergétiques nuisibles pour le climat

L'action des produits à base de bois sur le climat ne se limite pas uniquement au stockage du carbone. L'effet de substitution matérielle est essentiel lui aussi. Il apparaît lorsque le bois remplace des matériaux de construction comme le béton ou l'acier dont la fabrication émet plus de CO<sub>2</sub>. L'étude scientifique KWHS<sup>1</sup> réalisée sur mandat de l'OFEV chiffre les diminutions d'émissions à – 730 kg éq.-CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de bois en moyenne en cas de substitution matérielle (tab. 2). En fonction de la nature et de l'origine des matières premières remplacées, environ 45 % de ces économies sont réalisées en Suisse et le reste, dans d'autres pays d'origine.

L'effet de substitution énergétique a également son importance. Il résulte de l'utilisation énergétique des produits en bois à la fin de leur durée de vie. Dès lors que l'on a recours au bois en tant qu'agent énergétique, moins de combustibles fossiles (p. ex. huile de chauffage, gaz naturel ou charbon) sont nécessaires. Ici, l'effet de substitution moyen est estimé à – 575 kg éq.-CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de bois (tab. 2), dont 80 % sont imputés à la Suisse et le reste, à l'étranger en raison de l'origine du bois. Comme la substitution matérielle se répète pour chaque m<sup>3</sup> de bois en cas d'utilisation en cascade avant la substitution énergétique finale, leurs effets s'additionnent.

À plus long terme, les effets de substitution induits par l'utilisation de produits en bois ne sont toutefois pas garantis, car l'environnement technologique, industriel et social change considérablement du fait de la décarbonation visée en Suisse et en Europe.

Dans quelques décennies, la fabrication de la plupart des produits ne devra plus émettre de gaz à effet de serre, et l'écobilan du bois en tant qu'agent énergétique devra

de plus en plus se mesurer à des sources renouvelables de chaleur et d'électricité comme la force hydraulique et l'énergie solaire ou éolienne. À cet égard, la politique climatique internationale des nations industrielles modernes comme la Suisse indique le cap à suivre, avec un objectif de zéro émission net de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Les innovations nécessaires à cet effet devraient considérablement réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre par unité produite au cours des décennies à venir. Par conséquent, l'effet de substitution du bois par rapport aux matériaux et agents énergétiques concurrents continuera de diminuer.

## 4.3 Renforcer l'utilisation matérielle du bois

À long terme, l'économie forestière et l'industrie du bois devraient concentrer leurs efforts sur la garantie de la stabilité des volumes d'exploitation et de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt suisse, et sur l'optimisation de ses prestations climatiques. Cela se traduit par une hausse notable et un maintien à long terme du stockage du carbone dans les produits en bois. Comme le montrent les résultats du Programme national de recherche « Ressource bois » (PNR 66),<sup>34</sup> une production de bois accrue n'entre pas en contradiction avec la préservation des autres fonctions et prestations forestières.

Toutefois, les coûts de transformation plus élevés qu'à l'étranger renchérissent la production, ce qui diminue nettement la capacité concurrentielle par rapport à des produits en bois importés.

Afin de compenser ces inconvénients, l'industrie du bois suisse devrait améliorer le rendement des arbres abattus à des fins d'utilisation matérielle, en réduisant au maximum les pertes de bois lors de la récolte. Actuellement, dans un contexte de forte demande de copeaux et de pellets,

Tab.2: Chiffres-clés arrondis des émissions de éq.-CO<sub>2</sub> évitées par m<sup>3</sup> de bois utilisé à des fins matérielle et énergétique<sup>1</sup>

kg éq.-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> bois	Suisse	Étranger	Total
Substitution matérielle	– 338	– 392	– 730
Substitution énergétique	– 460	– 115	– 575
Substitution totale	– 798	– 507	– 1305

et en raison des conditions d'encouragement et des subventions en faveur des chauffages au bois, près de la moitié du bois frais termine directement dans le poêle. Ainsi, conformément à l'inventaire suisse des gaz à effet de serre,<sup>18</sup> seuls 15 % du carbone des arbres abattus et morts des forêts suisses se retrouvent actuellement dans des produits en bois durables (HWP). L'utilisation énergétique directe est donc en concurrence avec une valorisation matérielle accrue.

#### 4.4 Promouvoir la création de valeur locale

La création de valeur des produits en bois transformés est bien plus élevée que celle d'une valorisation énergétique. En outre, elle peut notamment renforcer les structures commerciales dans les régions périphériques. Mais cela requiert davantage de chaînes de création de valeur organisées et ancrées à l'échelle régionale.

Le perfectionnement des applications faisant intervenir le bois ainsi que la conquête de marchés supplémentaires créent de nouvelles opportunités d'augmenter l'utilisation matérielle du bois. Des projets de bioraffineries à base de bois qui fabriquent des composés chimiques à partir de la biomasse et qui utilisent des constituants tels que des tanins ou de la nanocellulose comme matières premières innovantes pour fabriquer des produits industriels ne sont encore qu'en phase de développement. Les recommandations du PNR 66 vont aussi dans ce sens : mieux intégrer la ressource bois indigène dans une stratégie globale de bioéconomie nationale et créer un centre de compétences en bioraffinage.

De manière générale, il s'agit de transformer de manière judicieuse et économique en ressources le bois récolté en Suisse, de l'utiliser dans la mesure du possible pour des produits durables, de renforcer ainsi les chaînes locales de création de valeur et d'exploiter à long terme le potentiel du stockage du carbone dans les produits en bois.

#### 4.5 Orientation vers des assortiments de bois modifiés

L'industrie suisse du bois est également mise au défi en ce sens que l'offre de bois issu des forêts suisses va, à l'avenir, évoluer du fait des changements climatiques et de la sylviculture adaptative proche de la nature<sup>5</sup>. La tendance est à la diminution des résineux, actuellement en position dominante, au profit des feuillus, car le réchauffement planétaire modifie les conditions de croissance dans nos forêts et, par conséquent, la composition actuelle des peuplements.

Du point de vue économique, l'épicéa demeure l'essence principale et représente près de la moitié de la récolte totale de bois en Suisse. Mais, à basse altitude, ces peuplements sensibles au climat ont beaucoup souffert ces dernières années de la sécheresse, des attaques de bostryches et des exploitations forcées qui en découlent.

Alors que cette évolution se dessine plutôt sur le long terme, les changements climatiques ont aussi des conséquences à court terme. Par exemple, il existe une tendance grandissante à des qualités de bois inférieures, qui s'explique par les volumes de bois endommagé de plus en plus importants en raison des phénomènes météorologiques extrêmes plus fréquents ou des attaques de bostryches. Pour ces assortiments de bois, il faut des filières de valorisation supplémentaires. En effet, la multiplication attendue des exploitations forcées causées par des événements extrêmes comme la sécheresse, la canicule et les tempêtes, ainsi que par des attaques d'insectes et de champignons, entraîne une augmentation des quantités récoltées. À défaut de pouvoir exploiter ce bois de la manière la plus efficace possible sur le plan climatique, la forêt suisse pourrait, comme en 2000 après la tempête Lothar, redevenir une importante source de CO<sub>2</sub>.

Actuellement, les capacités de transformation de l'industrie suisse du bois sont trop faibles pour pouvoir faire face à un afflux massif de bois endommagé du fait d'exploitations forcées. En outre, elle est encore trop peu préparée à l'exploitation du bois de feuillus et du gros bois, et à l'évolution de la composition des peuplements.

Les objectifs d'une chaîne de création de valeur performante et d'une exploitation de la ressource épargnant autant que possible le climat ne peuvent toutefois être atteints que si l'offre forestière, la transformation du bois et la demande de produits en bois sont bien coordonnées.

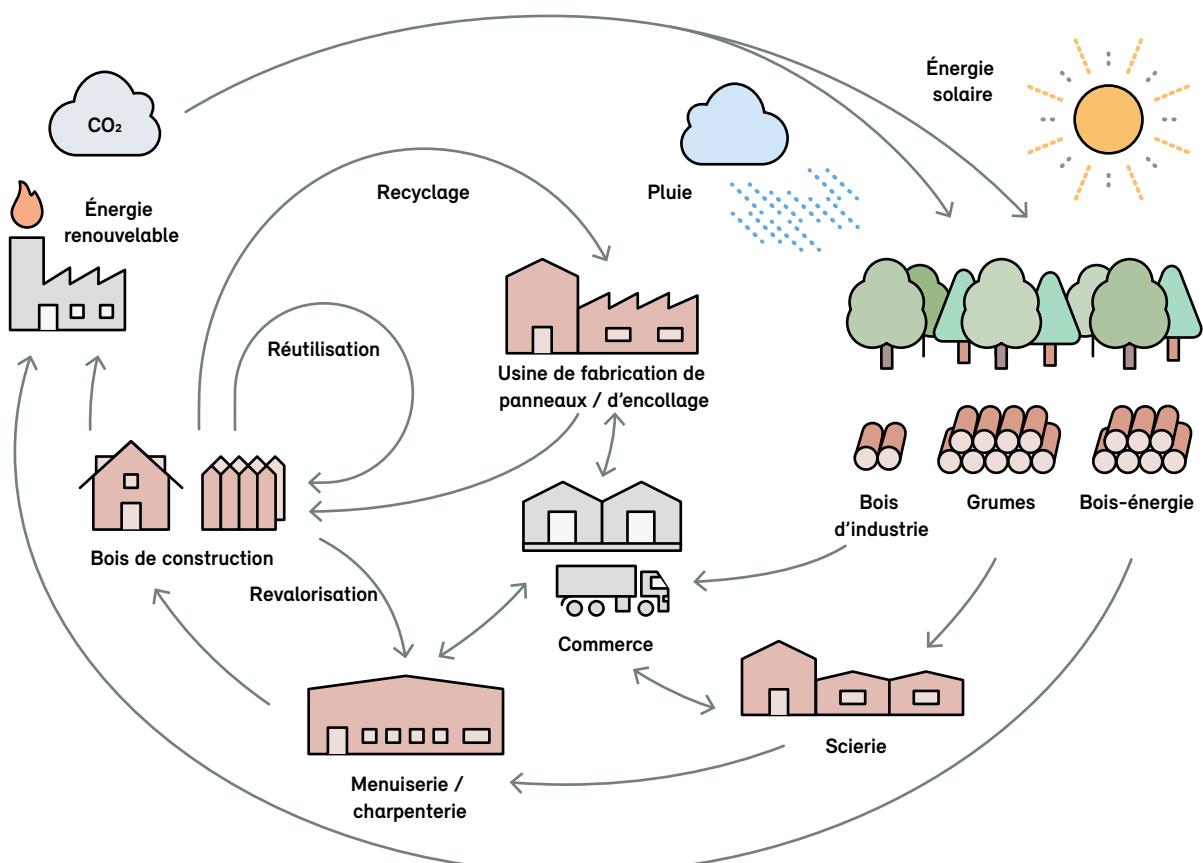
#### 4.6 Avantages de l'utilisation en cascade

La Confédération place ses espoirs dans l'économie circulaire,<sup>35</sup> qui vise à réduire l'emploi des ressources – et donc l'énergie, les déchets et les émissions – par le biais de cycles des matières ralentis, raccourcis et fermés. Pour les produits en bois, il faut ajouter à cette liste une prolongation du stockage du carbone en raison d'une combustion différée.

Concernant les grandes quantités de bois, la stratégie d'utilisation en cascade visée<sup>12</sup> (fig. 12) n'en est qu'à ses débuts. Il faut que les produits en bois réitèrent plusieurs fois la substitution matérielle, à travers de multiples utilisations, afin de retarder au maximum la libération du CO<sub>2</sub>. Tout au long de la chaîne du bois, une chaîne de création de valeur supplémentaire se met ainsi en place. Cela requiert entre autres que, lors de l'utilisation matérielle du bois, une plus grande attention soit prêtée aux aspects de réversibilité, de simplicité de démontage, de pureté variétale et de réemploi.

Le bilan global serait nettement meilleur si l'on parvenait, lors de la valorisation énergétique du bois, à capter le CO<sub>2</sub> qui s'échappe puis à le stocker durablement. La BECSC recèle un important potentiel d'utilisation du bois comme technologie d'émissions négatives<sup>36</sup>.

Fig. 12: Économie circulaire et utilisation en cascade des produits en bois



Diverses mesures incitatives sont discutées au niveau fédéral pour augmenter la part de l'utilisation matérielle du bois au détriment de l'utilisation énergétique. Parmi elles figure par exemple la redistribution des aides de l'État accordées pour le bois-énergie afin d'encourager plutôt une utilisation du bois plus haut de gamme et plus respectueuse du climat pour fabriquer des produits durables. Les discussions portent également sur des obligations imposées aux usines de bois-énergie : dans l'intérêt de la protection du climat, elles devraient brûler moins de bois frais et davantage de bois usagé qui ne peut plus faire l'objet d'une valorisation matérielle. Il est aussi question, d'une part, de fixer des objectifs étatiques pour les filières de valorisation du bois récolté avec des exigences minimales pour l'utilisation matérielle ou, d'autre part, d'une interdiction d'exportation du bois usagé.

#### 4.7 Nouvelles impulsions

Avec la « politique de la ressource bois 2030 »<sup>12</sup> et les programmes de promotion « Plan d'action bois »<sup>37</sup> et « Soutien à la Recherche Forêt et Bois en Suisse »,<sup>38</sup> la Confédération entend renforcer et développer l'économie forestière et l'industrie du bois suisses. Cela doit permettre d'améliorer la compétitivité ainsi que les contributions du bois et de ses produits à l'atténuation des changements climatiques.

Le renforcement et le développement des réseaux de création de valeur pour le bois suisse et pour ses marchés constituent un thème prioritaire. En sa qualité d'office responsable, l'OFEV entend fournir des bases décisionnelles pour une exploitation optimale, promouvoir des technologies, des processus de transformation et des circuits de commercialisation novateurs, et sensibiliser le grand public à la demande croissante de bois.

La forte orientation de ces efforts vers la ressource indigène s'appuie sur de bonnes raisons. Comme le montre le rapport technique de l'étude KWHS,<sup>1</sup> il n'y a pas toujours un lien direct entre la récolte de bois en Suisse et l'utilisation du bois sur notre territoire.

Pour rendre les produits en bois indigène plus attrayants, l'accent est mis sur les avantages écologiques d'une

matière première naturelle et locale, qui ne requiert que de courtes distances de transport et qui crée de la valeur et de l'emploi de manière décentralisée. Faute de positionner le bois suisse comme un produit haut de gamme, le secteur suisse du bois continuera de subir la pression liée aux importations. Par conséquent, la récolte de bois, la transformation et la création de valeur dépendront des prix pratiqués à l'étranger comme l'indiquent les résultats de l'étude KWHS.

Afin d'assurer le succès futur de cette inversion de tendance souhaitée, avec le concours de tous les acteurs, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication a chargé l'OFEV d'élaborer la stratégie intégrale forêt et bois 2050. Cette stratégie doit réunir la politique forestière et la politique de la ressource bois en vigueur jusqu'à présent. En l'occurrence, il s'agit de concilier au mieux les intérêts de l'ensemble des acteurs de la branche, à différents niveaux.





Domaine forestier Cône de Thyon, Sion VS, 2014  
Foto: Corinne Cuendet, Clarens / LIGNUM

---

## Messages clés et conclusions de l'étude KWHS pour les secteurs de la forêt et du bois en Suisse

# 5 Résumé

*La présente publication expose les messages clés de l'étude KWHS, qui met en lumière les effets potentiels de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse sur le bilan des gaz à effet de serre dans le pays et à l'étranger. Les trois prestations climatiques de la forêt et du bois, appelées les «3S», figurent au premier plan: la séquestration du dioxyde de carbone dans la forêt, le stockage du carbone dans les produits en bois et la substitution. Pour terminer, des conclusions ayant des aspects techniques et politiques sont tirées afin de renforcer les prestations climatiques de la forêt et du bois.*

### 5.1 Messages clés de l'étude KWHS

Le point de départ du présent rapport est l'étude « Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz » (KWHS; prestations climatiques de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse), réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)<sup>1</sup>. Les auteurs de l'étude sont parvenus aux résultats formulés ci-dessous.

#### Contributions des prestations climatiques 3S en valeur absolue

Dans tous les scénarios étudiés, l'évolution de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt suisse est décisive pour la prestation climatique globale de la forêt et du bois. En comparaison, la contribution apportée par le stockage du carbone dans les produits en bois et par la substitution est moindre.

La dynamique du carbone dans la forêt est presque exclusivement dominée par la biomasse vivante, une contribution étant toutefois également apportée par le bois mort, l'horizon organique et le sol. Comme selon l'inventaire suisse des gaz à effet de serre seuls 15 % environ du carbone de la biomasse des arbres abattus et morts se retrouvent dans les produits en bois durables, la contribution en valeur absolue du stockage du carbone dans les produits en bois est relativement faible. À moyen et à long terme, l'ampleur des prestations climatiques de la forêt et du bois dépendra directement des conséquences des changements climatiques. Pour cette raison, il est difficile de fournir une quantification exacte et celle-ci reste entourée de grandes incertitudes.

#### Effets de substitution et influence de la décarbonation

Lorsqu'ils sont utilisés à la place de matériaux plus énergivores, les produits en bois peuvent éviter à court et à moyen terme l'émission d'environ 730 kg de CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de bois. Lorsque le bois remplace des agents énergétiques fossiles, la substitution énergétique permet d'éviter la production d'environ 575 kg de CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de bois (tab. 2). À plus long terme, les effets de substitution induits par l'utilisation de produits en bois ne sont pas garantis en raison de la décarbonation visée à l'horizon 2050.

La fabrication de produits en bois à longue durée de vie permet d'éviter la génération d'émissions de CO<sub>2</sub> lors de la production de matériaux plus fortement émetteurs (substitution matérielle). Le recours au bois comme agent énergétique diminue le besoin de combustibles fossiles (substitution énergétique). À plus long terme, les effets de substitution induits par l'utilisation de produits en bois ne sont toutefois pas garantis. La politique climatique de zéro émission net de gaz à effet de serre contraint toutes les branches à des innovations technologiques qui devraient se répercuter positivement sur le bilan climatique des matières premières concurrentes, ce qui entraînera un recul continu du potentiel de substitution du bois.

#### Amélioration de la prestation climatique par l'utilisation en cascade du bois

L'utilisation en cascade du bois, lors de laquelle celui-ci est d'abord employé dans des produits en bois à longue durée de vie, éventuellement à plusieurs reprises, avant de servir de combustible, améliore la prestation climatique globale. En effet, des utilisations multiples prolongent le stockage

---

du carbone dans le bois et leurs effets de substitution se répètent.

L'étude souligne les avantages que l'utilisation en cascade présente dans la valorisation du bois. La solution optimale est une transformation en produits à forte valeur ajoutée qui génère un bénéfice considérable sur le plan écologique et qui permet de multiples utilisations. Cette manière de procéder améliore les prestations climatiques de l'utilisation du bois.

#### **Pas de relation directe entre la récolte de bois et l'utilisation du bois**

Une augmentation de la récolte de bois dans la forêt suisse ne signifie pas forcément une hausse de l'utilisation du bois sur le territoire.

Les hypothèses économiques de l'étude KWHS indiquent qu'il n'y a pas de lien direct entre les quantités de bois récoltées en Suisse et la consommation de bois. Avec les effets de prix, il peut arriver que l'exportation de bois rond augmente ou que la demande de produits en bois et de bois-énergie fasse augmenter les importations. Les mesures adoptées pour influer sur les prix entraînent toujours des modifications dans la balance du commerce extérieur tout au long de la chaîne de création de valeur.

#### **Rôle important du cadre géographique retenu**

Le cadre retenu (international ou national) et les hypothèses utilisées dans les calculs influencent la quantification des prestations climatiques de la forêt et du bois.

L'effet global des prestations climatiques des différents scénarios varie considérablement selon le cadre géographique retenu (Suisse et international). Les prestations dépendent en outre des hypothèses relatives à l'évolution du potentiel de substitution de l'utilisation du bois. Du point de vue national, les importations de produits en bois peuvent contribuer à augmenter l'effet de substitution, tandis que les exportations de bois rond entraînent une baisse de la séquestration de CO<sub>2</sub> dans la forêt indigène et n'apportent rien au pool suisse des produits semi-finis (autrement dit les produits ligneux récoltés appelés HWP), car leur prise en compte est impossible selon les règles internationales (voir chap. 2.1).

## **5.2 Conclusions**

Les résultats de l'étude KWHS ont été mis en perspective dans les contextes scientifique, économique et politique<sup>3</sup>. L'OFEV en a ensuite tiré les conclusions, ayant des aspects techniques et politique, afin que la gestion forestière et l'utilisation du bois en Suisse renforcent les prestations climatiques<sup>4</sup>. Les résultats ont aussi été intégrées dans la stratégie intégrale forêt et bois 2050<sup>6</sup>.

#### **Prendre en compte les prestations climatiques de la forêt et du bois de manière intégrale**

Les prestations climatiques de la forêt et du bois doivent être envisagées de manière globale et intégrale. Elles s'inscrivent dans un vaste contexte de politique forestière, puisque la forêt suisse remplit un grand nombre de fonctions et fournit maintes prestations. Afin que la concurrence entre ces fonctions et ces prestations soit la plus faible possible, les divers intérêts doivent être bien coordonnés.

#### **Renforcer la prestation climatique de la forêt suisse par une sylviculture adaptative proche de la nature**

Il est primordial de gérer la forêt suisse de manière à ce qu'elle puisse s'adapter aux changements climatiques, afin de maintenir à long terme la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt ainsi que les volumes d'exploitation. Cela passe fondamentalement par une gestion forestière orientée sur les principes de la sylviculture adaptative proche de la nature. Cette gestion doit réduire le plus possible les futurs dégâts et les émissions de CO<sub>2</sub> qui en découlent et viser un écosystème forestier riche en biodiversité et multifonctionnel grâce à une économie forestière et à une industrie du bois performantes.

Les changements climatiques accroissent les incertitudes quant à l'ampleur future de la séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt. Selon les résultats intermédiaires du cinquième inventaire forestier national (IFN5)<sup>11</sup>, les phénomènes météorologiques extrêmes ont ponctuellement laissé des traces profondes dans la forêt suisse depuis 2018 (voir chap. 3.3).

### **Transférer plus de carbone dans les produits en bois à longue durée de vie et utiliser le bois en cascade**

Le bois récolté doit être transformé en produits en bois à la plus longue durée de vie possible. La quantité du stockage du carbone dans les produits en bois peut être considérablement augmentée si les pertes de bois lors de la récolte sont réduites au minimum et si l'utilisation matérielle s'accroît. Il sera en particulier nécessaire à l'avenir d'améliorer l'utilisation matérielle du bois de feuillu et du bois de qualité inférieure. En effet, tant les changements climatiques que les mesures d'adaptation pour y faire face vont modifier l'offre future en essences et en qualités de bois.

L'utilisation matérielle multiple permet de prolonger le stockage du carbone dans le bois et de réitérer les substitutions matérielles, avant que le bois ne soit finalement valorisé énergétiquement. L'utilisation en cascade permet ainsi d'économiser plus d'émissions de CO<sub>2</sub>, puisque les effets de substitution peuvent se répéter pour le même mètre cube de bois.

### **Utiliser le bois indigène et transformer les produits ligneux en Suisse**

En Suisse, une lacune existe entre la production de bois à partir des forêts indigènes et la consommation finale de bois plus élevée. Actuellement, elle est comblée par les importations, alors qu'il suffirait d'augmenter l'utilisation de bois Suisse et les processus indigènes de transformation de bois.

### **Profiter de la fenêtre temporelle limitée de la substitution**

Le potentiel de substitution augmente dès lors que le bois est davantage employé en tant que matière. L'utilisation matérielle du bois peut être accrue si sa part est augmentée au détriment de celle de l'utilisation énergétique du bois. Il faut pour cela des débouchés supplémentaires pour l'utilisation du bois de différentes qualités dans des produits à longue durée de vie. À cet effet, des innovations dans le secteur de la construction sont nécessaires, mais aussi le développement, pour la bioéconomie, de nouveaux matériaux et produits à partir des composants du bois.

Il convient de profiter de la fenêtre temporelle jusqu'à la décarbonation (horizon 2050) pour faire en sorte que le

carbone retiré de la forêt suisse sous forme de bois dans le cadre de la gestion forestière prévue et des mesures d'adaptation se retrouve au maximum dans des produits en bois à longue durée de vie. La prestation climatique de la substitution matérielle est limitée dans le temps par la décarbonation. Si les effets de substitution deviennent moins importants à l'avenir, de nouvelles opportunités s'offriront éventuellement aux produits en bois mis au rebut en tant que technologie d'émissions négatives grâce à la bioénergie avec captage et stockage de dioxyde de carbone (BECSC).

## **5.3 Améliorations effectuées et compléments recommandés**

Les résultats et conclusions présentés ici s'appuient sur des données plus complètes et des modèles plus perfectionnés que ceux utilisés dans les études précédentes. Pour la première fois, les effets de la balance commerciale suisse sur les performances climatiques en Suisse et à l'étranger ont été quantifiés et les effets attendus des programmes et mesures politiques nationaux dans différents secteurs ont également été pris en compte. L'objectif climatique de zéro émission nette, qui a une influence directe sur le potentiel de substitution futur, en est un exemple.

Lors de l'interprétation des résultats de l'étude, il convient de noter que leur pertinence est soumise à certaines restrictions (voir chap. 2.5). Les améliorations suivantes sont proposées afin d'améliorer la quantification des performances climatiques 3S à l'avenir :

- Les effets du changement climatique sur la forêt devraient être mieux pris en compte dans les études futures. À cette fin, les derniers résultats de l'inventaire forestier national LFI581 devraient être intégrés et le modèle forestier MASSIMO utilisé devrait être perfectionné.
- Les performances climatiques des produits dérivés du bois importés ainsi que des importations et exportations de bois rond devraient être quantifiées et prises en compte dans les études futures. L'étude KWHS n'a pris en considération les produits dérivés du bois que dans le cadre des règles d'imputation internationalement reconnues de l'Accord de Paris sur le climat, dans

---

lequel uniquement les produits dérivés du bois issu de forêts domestiques sont considérés.

- Les propriétés bio-géophysiques de la forêt sur le climat, telles que le pouvoir réflecteur (albédo), pourraient également être prises en compte dans la quantification des performances climatiques des forêts et du bois (voir chap. 2.7).

# 6 Glossaire

## «3S», les trois prestations climatiques de la forêt et du bois

Les prestations climatiques de la forêt et du bois exercent une influence directe ou indirecte sur le cycle du carbone – ou sur la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Elles peuvent être positives ou négatives. Les «3S» comprennent la → séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt, le → stockage du carbone dans les produits en bois ainsi que la → substitution.

## Accroissement

Augmentation du volume de bois, du diamètre, de la circonférence, de la hauteur ou de la valeur dans une unité de temps donnée. Dans l'IFN, ce terme désigne l'augmentation totale du volume du bois de tige en écorce entre deux inventaires successifs.

L'accroissement brut correspond à l'augmentation totale du volume, incluant la part des arbres morts. À l'inverse, l'accroissement net ne comprend que la part vivante de cette augmentation du volume.

## Assortiment

Pour la vente, le bois est classé de trois manières : selon la qualité, le diamètre et l'assortiment. Le classement par assortiment se fait en fonction du type d'emploi du bois. Les trois catégories principales sont les grumes, le bois d'industrie et le bois-énergie.

## Biodiversité

Synonyme : diversité biologique. Diversité des biocénoses et des écosystèmes, diversité des espèces et diversité génétique, y compris celle des plantes cultivées et des animaux de rente.

## Bioéconomie

Production de ressources biologiques renouvelables et transformation de ces ressources et des flux de déchets en produits de plus grande valeur tels que les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, les produits issus de la biotechnologie et la bioénergie.

## Bois d'industrie

Bois brut déchiqueté mécaniquement ou désagrégé par procédé chimique. On l'utilise pour produire de la pâte de bois, de la cellulose, de la laine de bois, des panneaux de fibres et de particules et d'autres produits industriels.

## Bois de sciage

Produits issus du découpage des grumes dans une scierie, par exemple planches et lattes destinées à la construction, à l'industrie de l'emballage ou à la fabrication de meubles.

## Bois mort

Arbres ou parties d'arbres morts de diverses dimensions et qualités.

## Bois rond

Terme générique désignant le bois dans son état naturel après récolte, et englobant les grumes, le bois d'industrie et le bois-énergie. Selon le groupe d'essences, on fait une distinction entre bois rond feuillu et bois rond résineux.

## Bois usagé

Bois déjà utilisé pour un usage donné et disponible pour un autre cycle de valorisation. Il s'agit, par exemple, du bois provenant de la démolition d'immeubles ainsi que de l'élimination de meubles et d'emballages. Selon sa provenance, il est à l'état naturel ou a été traité.

## Bois-énergie

En Suisse, le bois-énergie se place au deuxième rang des agents énergétiques renouvelables les plus importants après la force hydraulique. Il est principalement utilisé à des fins de production de chaleur. Selon son origine, on fait une distinction entre le bois de forêt, le bois hors forêt, les sous-produits de la transformation du bois et le bois usagé. Depuis plusieurs années, non seulement l'utilisation de bois-énergie a augmenté, mais l'efficacité des techniques de combustion s'améliore aussi continuellement.

## C

Symbolle chimique du carbone.

**CCNUCC**

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

**Chablis**

Bois résultant de perturbations de la forêt causées par des facteurs biotiques (p. ex. bostryches) ou abiotiques (p. ex. tempête, chaleur, sécheresse) entraînant la mort ou une perte massive de vitalité, de productivité ou de valeur des arbres.

**CO<sub>2</sub>**

Symbole chimique du dioxyde de carbone. Le CO<sub>2</sub> joue un rôle majeur dans le métabolisme des plantes. Dans la photosynthèse, il réagit avec l'eau sous l'action de la lumière du soleil ; cette réaction produit de l'oxygène et du sucre (glucose). En tant que gaz à effet de serre, le CO<sub>2</sub> exerce un effet déterminant sur le climat de la Terre par le biais de l'effet de serre.

**Commerce extérieur**

Importation et exportation de marchandises.

**Consommation finale de bois**

Volume de marché des produits en bois qui ne sont plus transformés et qui sont utilisés ou consommés dans différents domaines.

**Décarbonation**

Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> nuisible au climat grâce à l'abandon des matières premières fossiles et au recours accru à des matériaux, procédés et énergies renouvelables respectueux du climat.

**Écosystème**

Ensemble dynamique et fonctionnel composé d'un milieu naturel et de tous ses êtres vivants. Ceux-ci interagissent avec leur environnement (sol, eau, air, concurrents, organismes nuisibles, etc.) et échangent de l'énergie, des substances et des informations.

**Équivalent CO<sub>2</sub> (éq.-CO<sub>2</sub>)**

Un équivalent CO<sub>2</sub> est une unité de mesure qui permet de comparer l'effet de différents gaz à effet de serre sur le climat, par exemple le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). L'effet de serre du CO<sub>2</sub> sert de valeur de référence.

**Exploitation du bois (bois sur pied)**

Quantité de bois exploité par une mesure forestière ou sylvicole. Il n'importe pas de savoir si le bois abattu est transporté hors de la forêt ou laissé au sol. Les quantités de bois exploité sont indiquées en volumes sur pied et extrapolées à partir des données d'inventaire. Le volume se réfère à la totalité de la partie aérienne du tronc à partir d'un diamètre à hauteur de poitrine de 12 cm, et inclut la souche et la cime. Le total des m<sup>3</sup>/an ou des m<sup>3</sup>/ha/an est indiqué. En Suisse, l'exploitation du bois à l'échelle nationale est recensée dans le cadre de l'inventaire forestier national (IFN).

**Exploitation forcée**

Abattage d'arbres non planifié causé par des perturbations telles que des tempêtes, une attaque d'insectes ou de champignons, ou la sécheresse.

**Fonctions forestières**

Les fonctions de la forêt regroupent toutes les tâches que cette dernière exerce (tâches effectives ou potentielles) ou devrait exercer (exigences de la société). Les fonctions protectrice, économique et sociale des forêts sont inscrites dans la Constitution fédérale et dans la loi sur les forêts. La gestion des forêts sert à assurer durablement les fonctions de ces dernières.

**Forêt et bois**

Synonyme : secteurs de la forêt et du bois

**Gaz à effet de serre**

Substances présentes dans l'air sous forme gazeuse qui influencent le rayonnement ; elles contribuent à l'effet de serre et peuvent avoir une origine aussi bien anthropique que naturelle.

**GIEC**

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Organe scientifique de l'Organisation des Nations Unies également appelé Conseil mondial du climat.

**Grumes**

Bois de tige écorcé et sans souche (également appelé bois rond de sciage) qui appartient à l'une des classes d'assortiments des Usages suisses du commerce du bois brut. Il peut être transformé en bois de sciage ou de placage dans des scieries et des usines de placages.

**HWP (Harvested wood products)**

Produits ligneux récoltés. Dans les rapports établis dans le cadre de la CCNUCC, les HWP représentent la catégorie de comptabilisation des produits semi-finis en bois. Seuls les produits fabriqués sur le territoire helvétique à partir de bois indigène sont comptabilisés en tant que HWP suisses. Une distinction est faite entre le bois de sciage, les panneaux ainsi que le papier et le carton en raison de leur durée de vie différente. La présente étude ne tient compte ni du papier ni du carton en raison de leur manque de pertinence (brève durée de vie; influence minime sur le comportement de consommation entre les scénarios).

**Inventaire des gaz à effet de serre**

Statistique nationale complète des émissions de gaz à effet de serre conformément aux dispositions de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

**Inventaire forestier national (IFN)**

Inventaire par échantillonnage sur environ 6500 placettes. L'IFN dresse périodiquement le bilan de l'état et des modifications des forêts suisses. Cette collecte de données permet de tirer des conclusions statistiquement fiables pour la Suisse et ses grands cantons et régions. L'actuel inventaire est le cinquième de la série (IFN5) et couvre la période 2018–2026. Les inventaires précédents portent sur les périodes suivantes : 1983–1985 (IFN1), 1993–1995 (IFN2), 2004–2006 (IFN3) et 2009–2017 (IFN4). Les sources primaires de données sont les photos aériennes, les relevés de terrain et les enquêtes auprès des services forestiers.

**KWHS**

Le projet «Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz» (prestations climatiques de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse, KWHS) a été réalisé sur mandat de l'OFEV. Il comprend une étude scientifique incluant un rapport technique (Werner et al. 2023), une mise en perspective des résultats de l'étude scientifique KWHS dans le contexte économique et politique (Interface 2023) et une réflexion sur l'étude KWHS (OFEV 2024), qui tire des conclusions sur le renforcement des prestations climatiques de la gestion forestière et de l'utilisation du bois en Suisse du point de vue de l'OFEV. En outre, une analyse scientifique des conséquences bio-géophysiques de la gestion forestière sur le climat a été réalisée (Davin et al. 2022).

**Mortalité**

Somme des arbres morts par causes naturelles. D'après l'IFN, la mortalité inclut les arbres qui sont morts naturellement entre deux inventaires successifs (p. ex. chablis ou insectes) ou qui ont disparu (p. ex. avalanches), mais n'ont pas été exploités lors d'interventions sylvicoles. La mortalité résiduelle correspond aux arbres morts depuis l'inventaire précédent et laissés sur la placette d'échantillonnage sous forme de bois mort.

**Pertes**

Arbres qui, entre deux inventaires forestiers nationaux (IFN) successifs, ont été abattus, sont morts ou ont disparu.

**Prestations climatiques de la forêt et du bois**

Voir → «3S», les trois prestations climatiques de la forêt et du bois.

**Prestations forestières**

Les prestations forestières, ou services écosystémiques forestiers, désignent les avantages économiques, sociaux et sanitaires que les individus séparément et la société dans son ensemble tirent de la forêt. La notion de prestation forestière est comprise dans celle de fonction forestière, plus générale. La forêt remplit des fonctions et fournit des prestations.

## Produits finis

Produits destinés à la consommation finale.

## Produits semi-finis

Produits nécessitant une étape de transformation supplémentaire avant d'être prêts pour la consommation finale.

## Protocole de Kyoto, Accord de Paris

Le Protocole de Kyoto a vu le jour dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Il couvrait les deux périodes d'engagement 2008–2012 et 2013–2020. Il fixait aux pays industrialisés des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Dans le cadre de l'Accord de Paris, tous les pays participants définissent leurs propres objectifs en matière de protection du climat.

## Puits de CO<sub>2</sub>

La forêt agit comme un puits de CO<sub>2</sub> lorsqu'elle absorbe plus de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en libère. Par analogie, le pool des produits en bois est un puits de carbone lorsque le flux entrant est supérieur au flux sortant, c'est-à-dire lorsque le stockage net du carbone est positif.

## Récolte de bois (bois à terre)

La récolte de bois désigne le prélèvement d'arbres des forêts dans le but de les rendre commercialisables ou utilisables. La récolte de bois n'inclut ni les arbres abattus ni les parties d'arbres et résidus de récolte qui restent dans la forêt. Les quantités de bois récoltées sont indiquées en volumes à terre (m<sup>3</sup>/an) d'assortiments de vente de grumes, de bois d'industrie et de bois-énergie. En Suisse, la statistique forestière recense la récolte de bois à l'échelle nationale. Elle ne recense pas les quantités que, dans de nombreux cantons, les propriétaires forestiers ont le droit de récolter librement sans être tenus de les déclarer.

## Réserve de carbone

Quantité de carbone qui est stockée dans un réservoir de carbone et qui peut varier au fil du temps.

## Réservoir de carbone dans les forêts

Le réservoir ou pool de carbone dans les forêts comprend : la biomasse vivante aérienne et souterraine, le bois mort, la litière, ainsi que le sol organique et minéral.

Le réservoir de carbone dans les produits en bois (voir HWP (Harvested wood products)]) comprend les produits semi-finis que sont le bois de sciage et les panneaux, ainsi que le papier et le carton.

## Séquestration du CO<sub>2</sub> dans la forêt

Elle englobe tous les processus allant de l'absorption du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au stockage sous forme de carbone dans la biomasse vivante aérienne et souterraine, dans le bois mort, dans la litière ainsi que dans le sol forestier. Le présent rapport emploie la notion au sens de la séquestration nette du CO<sub>2</sub>, calculée comme la différence entre la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée et la quantité de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O libérée. Elle correspond donc au bilan de CO<sub>2</sub> de la forêt, exprimé en équivalents CO<sub>2</sub> (éq.-CO<sub>2</sub>).

## Source de CO<sub>2</sub>

La forêt agit comme une source de CO<sub>2</sub> lorsqu'elle libère plus de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère qu'elle n'en absorbe. Cela se produit par exemple lors d'incendies de forêt ou de la décomposition du bois. Par analogie, le pool des produits en bois est une source de carbone lorsque le flux entrant est inférieur au flux sortant, c'est-à-dire lorsque le stockage net du carbone est négatif. Dans l'inventaire des gaz à effet de serre, les secteurs des forêts et du bois sont comptabilisés ensemble.

## Stockage du carbone dans les produits en bois

Le présent rapport emploie la notion au sens du stockage net du carbone, calculé comme le bilan annuel des flux de carbone entrants et sortants dans le pool des produits en bois.

## Stratégie intégrale forêt et bois 2050

Stratégie intégrale pour la forêt et le bois mise en œuvre jusqu'en 2050

### **Substitution**

La prestation climatique de la substitution se caractérise par le fait que le bois est utilisé à la place de matières premières fossiles ou de matériaux à forte intensité énergétique, ce qui permet de réduire complètement ou partiellement les émissions de CO<sub>2</sub>. L'effet de substitution apparaît lorsqu'il existe une demande générale et que le choix se fait entre des produits en bois et des produits non ligneux – ou combustibles – équivalents sur le plan fonctionnel.

#### **Substitution énergétique: remplacement des agents énergétiques fossiles par le bois**

Substitution matérielle: remplacement des matériaux de construction comme les métaux, le béton ou les plastiques par des pièces en bois, dont la fabrication génère moins d'émissions.

### **Sylviculture adaptive**

L'objectif de la sylviculture adaptive est d'adapter l'écosystème forestier au potentiel climat futur soit par des interventions sylvicoles dans le cadre de la sylviculture proche de la nature soit en s'abstenant délibérément d'intervenir et en tirant profit de la dynamique naturelle. La forêt doit ainsi pouvoir fournir ses prestations et remplir ses fonctions durablement.

### **Transformation du bois**

Bois rond de forêt ou hors forêt soumis à un processus de transformation, par exemple en scierie où il est transformé en bois de sciage, ou lorsqu'il est traité pour la production de papier.

### **Utilisation du bois**

Recours au bois à des fins matérielles ou énergétiques (voir Consommation finale de bois).

### **Utilisation en cascade**

Stratégie visant à utiliser le plus longtemps possible dans le circuit économique les matières premières ou leurs produits dérivés. Il en résulte une succession d'utilisations, depuis le niveau de valeur ajoutée le plus élevé jusqu'au niveau le plus bas. Une utilisation en cascade se traduit par une valeur ajoutée globalement accrue et un meilleur impact sur l'environnement. Dans le domaine des matières premières renouvelables, une utilisation en cascade peut comprendre plusieurs étapes d'utilisation, ou cycles de produits, et se conclure par une valorisation énergétique.

### **Valorisation du bois**

Bois rond de forêt ou hors forêt valorisé comme matière ou comme source d'énergie. Valorisation en tant que matière: bois qui n'est pas valorisé énergétiquement et qui est utilisé par exemple pour la construction en bois, les meubles, l'aménagement intérieur, l'emballage, la production de fibres pour le papier et les vêtements, ou qui est valorisé chimiquement pour les substances de base de l'industrie pharmaceutique. Valorisation en tant que source d'énergie: bois utilisé pour produire de la chaleur, de l'électricité ou du carburant.

# Sources

- 1 Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz. OFEV 2023. Werner F., Forsell N., Stadelmann G., Thürig E. et Rihm B. (en allemand uniquement)
- 2 Synthesis report : Biogeophysical climate impacts of forest management In Switzerland. OFEV 2022. Davin E., Schwaab J. et Meier R. (en anglais uniquement).
- 3 Mise en perspective de l'étude « Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz ». INTERFACE 2023. Häggli A. et Landolt D. (en allemand uniquement)
- 4 Réflexion sur l'étude « Klimaleistungen der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung in der Schweiz ». OFEV 2023. Häggli A. et Landolt D. (en allemand uniquement)
- 5 Adaptation de la forêt aux changements climatiques. Conseil fédéral 2022 : [www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/74213.pdf](http://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/74213.pdf)
- 6 Stratégie de la Confédération associant la politique forestière et la politique de la ressource bois : [www.bafu.admin.ch/bafu/admin.ch/Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois](http://www.bafu.admin.ch/bafu/admin.ch/Thème%20Forêts%20et%20bois/Politique%20forestière%20et%20politique%20du%20bois)
- 7 Effets de l'économie forestière et de l'industrie du bois suisses sur le CO<sub>2</sub>. Résumé en français de la publication « CO<sub>2</sub>-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz ». OFEV 2007. Taverna R., Hofer P., Werner F., Kaufmann E. et Thürig E. : [www.bafu.admin.ch/bafu/admin.ch/uw-0739-f](http://www.bafu.admin.ch/bafu/admin.ch/uw-0739-f)
- 8 Energieperspektiven 2050+, Technischer Bericht. OFEN 2022 : [www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/perspectives-energetiques-2050-plus.html](http://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/perspectives-energetiques-2050-plus.html) (en allemand uniquement)
- 9 [www.bafu.admin.ch > Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois](http://www.bafu.admin.ch/Thème%20Forêts%20et%20bois/Politique%20forestière%20et%20politique%20du%20bois)
- 10 From Paris to Switzerland: Four Pathways to a Forest Reference Level. Frontiers in Forests and Global Change, vol. 4, p. 148. Stadelmann G., Portier J., Didion M., Rogiers N. et Thürig E. 2021 : [www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2021.685574/full](http://www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2021.685574/full) (en anglais uniquement)
- 11 Inventaire forestier national suisse. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017. WSL/OFEV 2020 : [www.lfi.ch/fr/publications/resultats/lfi4](http://www.lfi.ch/fr/publications/resultats/lfi4), tableau 52 à la page 73
- 12 Politique de la ressource bois 2030. OFEV 2021 : [www.bafu.admin.ch/ui-2103-f](http://www.bafu.admin.ch/ui-2103-f)
- 13 ClimWood2030. Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products, perspective 2030. Final report. Rüter S., Levet A., Forsell N. et al. 2016 : <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/993ecb81-2e54-11e8-b5fe-01aa75ed71a1> (en anglais uniquement)
- 14 Quantifizierung der Waldbiomasse und des Holznutzungspotenzials in der Schweiz. Stadelmann G. WSL 2020 : [www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A23452/datastream/PDF/Stadelmann-2020-Quantifizierung\\_der\\_Waldbiomasse\\_und\\_des-%28published\\_version%29.pdf](http://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A23452/datastream/PDF/Stadelmann-2020-Quantifizierung_der_Waldbiomasse_und_des-%28published_version%29.pdf) (en allemand uniquement)
- 15 Data on soil carbon stock change, carbon stock and stock change in surface litter and in coarse dead wood prepared for the Swiss NIR 2024 (GHGI 1990-2022). Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf, 2023. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. Didion M. : [www.climatereporting.ch](http://www.climatereporting.ch) (en anglais uniquement)
- 16 <https://globiom.org/introduction.html> (en anglais uniquement)

- 
- 17 <https://iiasa.ac.at/models-tools-data/g4m> (en anglais uniquement)
- 18 Inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse. OFEV 2024 : [www.bafu.admin.ch/gaz-serre](http://www.bafu.admin.ch/gaz-serre) > *Inventaire des gaz à effet de serre*
- 19 [www.fao.org/faostat/fr/#home](http://www.fao.org/faostat/fr/#home)
- 20 Résultats intermédiaires du cinquième inventaire forestier national (IFN5) : <https://lfi.ch>
- 21 Low naturalness of Swiss broadleaf forests increases their susceptibility to disturbances. *Forest Ecology and Management* 532, 120827 (8 pages). Scherrer D. et al. 2023 : [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112723000609?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112723000609?via%3Dihub) (en anglais uniquement)
- 22 Sixth Assessment Report, Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution. GIEC 2022 : [www.ipcc.ch/report/ar6/wg3](http://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3) (en anglais uniquement)
- 23 Fig. 2.1 dans Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éd.). Publié par IGES, Japon. © GIEC 2006 : [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html)
- 24 Connaissance de la forêt suisse par l'inventaire forestier national (IFN) : <https://lfi.ch>
- 25 [www.holzvomfach.de/fachwissen-holz/wissenwertes/holzwissen/die-rohdichte-des-holzes](http://www.holzvomfach.de/fachwissen-holz/wissenwertes/holzwissen/die-rohdichte-des-holzes) (en allemand uniquement)
- 26 Inventaire forestier national suisse – Tableau de résultats n° 1315900. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf, 2023. Abegg M., Ahles P., Allgaier Leuch B., Cioldi F., Didion M., Düggelin C., Fischer C., Herold A., Meile R., Rohner B., Rösler E., Speich S., Tempel C. et Traub B. : <https://lfi.ch/resultate/resultate.php?auswNr=434&befNr=2635&invNr=550&p=theme&regionNr=49&zigrNr=44&prodNr=95&prodNr=1315900>
- 27 Rapport forestier 2025. Évolution, état et utilisation de la forêt suisse. Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Berne et Birmensdorf, 2025. Strauss A., Fischer C. (éd.) : [www.bafu.admin.ch/uz-2501-f](http://www.bafu.admin.ch/uz-2501-f)
- 28 [https://waldschutz.wsl.ch/fr/foret/maladies-nuisibles-perturbations/organismes-nuisibles-a-la-sante-des-forets-le-typographe/](http://waldschutz.wsl.ch/fr/foret/maladies-nuisibles-perturbations/organismes-nuisibles-a-la-sante-des-forets-le-typographe/)
- 29 Comment les perturbations affectent le stockage du carbone dans les sols forestiers. WSL 2024 : [www.wsl.ch/fr/news/comment-les-perturbations-affectent-le-stockage-du-carbone-dans-les-sols-forestiers/](http://www.wsl.ch/fr/news/comment-les-perturbations-affectent-le-stockage-du-carbone-dans-les-sols-forestiers/)
- 30 Dynamics of dead wood decay in Swiss forests. *Forest Ecosystems* 7, 36. Hararuk O., Kurz W.A., Didion M. 2020 : <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-020-00248-x> (en anglais uniquement)
- 31 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol (KP Supplement). Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Jamsranjav B., Fukuda M., Troxler T. (éd). GIEC, Suisse, 2014 : [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg) (en anglais uniquement)
- 32 Changement climatique, MétéoSuisse : [www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique.html](http://www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique.html)

- 
- 33 Scénarios climatiques suisses : [www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisses/messages-cles.html](http://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisses/messages-cles.html)
  - 34 [www.nfp66.ch/SiteCollectionDocuments/NFP66\\_Programmresuemee\\_FR.pdf](http://www.nfp66.ch/SiteCollectionDocuments/NFP66_Programmresuemee_FR.pdf)
  - 35 [www.bafu.admin.ch > Thème Économie et consommation > Économie circulaire](http://www.bafu.admin.ch > Thème Économie et consommation > Économie circulaire)
  - 36 Technologies : les principales approches des émissions négatives. OFEV 2022 : [www.bafu.admin.ch > Thème Climat > Extraction et stockage du CO2](http://www.bafu.admin.ch > Thème Climat > Extraction et stockage du CO2)
  - 37 Plan d'action bois, OFEV : [www.bafu.admin.ch > Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois > Plan d'action bois](http://www.bafu.admin.ch > Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois > Plan d'action bois)
  - 38 Soutien à la Recherche Forêt et Bois en Suisse, OFEV : [www.bafu.admin.ch Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois > Soutien à la Recherche Forêt et Bois FOBO](http://www.bafu.admin.ch Thème Forêts et bois > Politique forestière et politique du bois > Soutien à la Recherche Forêt et Bois FOBO)