

Rapport forestier 2025

Évolution, état et utilisation de la forêt suisse



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



Rapport forestier 2025

Évolution, état et utilisation de la forêt suisse

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 3003 Berne

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

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), 8903 Birmensdorf

Mandant

Paul Steffen (OFEV) et Christoph Hegg (WSL)

Comité de pilotage

Eckehard Brockerhoff, Claudio de Sassi, Josef Eberli, Géraldine Eicher Stucki, Marco Ferretti, Rolf Holderegger, Michael Husistein, Michael Reinhard, Irmi Seidl, Thomas Wohlgemuth

Direction du projet/comité éditorial

Alexandra Strauss (OFEV) et Christoph Fischer (WSL)

Rédaction

Matthias Meili

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Soutien du projet

Daniel Landolt et Christine Bühler

(Interface Politikstudien Forschung Beratung)

Illustration

Hahn+Zimmermann GmbH

Conception graphique

Christof Scheidegger (Atelier Scheidegger)

Mise en page

Funke Lettershop AG

Crédit photographique

- Page de couverture : Rai de lumière à Giswil (OW).
Photo : Simon Speich (IFN)
- Page 10 : Forêt mélangée avec une régénération abondante.
Photo : Andreas Rigling (WSL/EPFZ)
- Page 130 : Printemps dans la forêt alluviale près de Baden.
Photo : Simon Speich (IFN)

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF

OFCL, Vente des publications fédérales, 3003 Berne

www.publicationsfederales.admin.ch

No d'article : 810.400.155F

www.bafu.admin.ch/uz-2501-f

Cette publication est également disponible en allemand, en italien et en anglais. La langue originale est l'allemand.

DOI : 10.55419/WSL:37782

© OFEV/WSL 2025

Table des matières

Abstracts	7	5	Forêt protectrice	94
Avant-propos	9	5.1	Protection contre les dangers naturels	98
La forêt en mutation : une synthèse	11	5.2	Eau potable	102
Conséquences	21	6	Économie sociale	104
Bases de données	23	6.1	La propriété forestière	108
1 Ressources	26	6.2	Importance de la forêt et du bois pour l'économie nationale	110
1.1 Surface forestière	30	6.3	Situation économique des entreprises forestières	112
1.2 Volume de bois	32	6.4	Soutien de l'économie forestière par la Confédération	114
1.3 Structure d'âge et structure des peuplements	34	6.5	L'emploi dans l'économie forestière et l'industrie du bois	116
1.4 Réserves de carbone	37	6.6	Sécurité et santé au travail	118
2 Santé et vitalité	40	6.7	Utilisation matérielle et énergétique du bois	120
2.1 Polluants atmosphériques	44	6.8	Commerce extérieur du bois et des produits en bois	124
2.2 Sols	46	6.9	Détente en forêt	126
2.3 État des houppiers	48	6.10	Forêt et patrimoine culturel	128
2.4 Dégâts aux forêts	50	6.11	Pédagogie forestière	129
2.5 Influence des changements climatiques sur la santé et la vitalité	54	Glossaire	131	
3 Exploitation	56	Sources	146	
3.1 Exploitation du bois et accroissement	60	Auteurs	160	
3.2 Bois rond	62			
3.3 Produits forestiers non ligneux	64			
3.4 Prestations forestières	66			
3.5 Planification forestière, certification et réglementations du commerce pour la protection contre la déforestation	68			
4 Biodiversité	70			
4.1 Diversité des espèces	74			
4.2 Régénération	78			
4.3 Caractère naturel	80			
4.4 Essences non indigènes	82			
4.5 Bois mort	84			
4.6 Diversité génétique	86			
4.7 La forêt dans le paysage	88			
4.8 Espèces menacées	89			
4.9 Réserves forestières	91			
4.10 Oiseaux nicheurs forestiers	93			

Abstracts

The Forest Report 2025 is the third publication of its kind, with previous versions appearing in 2005 and 2015. It is aimed at experts and anyone interested in forest and wood-related issues. The report provides an overview of the condition and development of Swiss forests over the past ten years and assesses the outlook for all relevant areas against the backdrop of advancing climate change. With a structure modelled on Forest Europe reports, the Forest Report sets out internationally comparable results and serves as a benchmark publication. It uses a broad range of data from long-term surveys to answer important questions for society, economic players and policymakers.

Après 2005 et 2015, le Rapport forestier paraît pour la troisième fois, en 2025. S'adressant aux spécialistes et aux lecteurs intéressés par le thème de la forêt et du bois, il offre un aperçu général de l'état et de l'évolution de la forêt suisse au cours des dix dernières années, et propose pour chaque chapitre thématique un regard vers l'avenir tenant compte des changements climatiques. Structuré de façon similaire aux rapports de Forest Europe, il fournit des informations reproductibles au niveau international et fait figure de publication de référence. Le Rapport forestier répond à des questions importantes pour la société, l'économie et la politique en se fondant sur une vaste base de données issues d'enquêtes à long terme.

Der Waldbericht erscheint 2025 zum dritten Mal nach 2005 und 2015. Er richtet sich an Fachleute und an eine am Thema Wald und Holz interessierte Leserschaft. Der Waldbericht ist eine Gesamtschau über Zustand und Entwicklungen des Schweizer Waldes in den letzten zehn Jahren und gibt einen Ausblick für alle Themenbereiche im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel. Mit seiner an den Berichten von Forest Europe orientierten Struktur liefert der Waldbericht international vergleichbare Ergebnisse und dient als Referenzpublikation. Er beantwortet anhand einer breiten Datenbasis aus Langzeiterhebungen wichtige Fragen für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Nel 2025 il Rapporto forestale giunge alla sua terza edizione dopo quelle del 2005 e 2015. Destinato ad esperti e lettori interessati al tema del bosco e del legno, il rapporto fornisce uno spaccato generale su stato ed evoluzione del bosco svizzero negli ultimi dieci anni e traccia una prospettiva per tutte le aree tematiche tenendo conto del cambiamento climatico in corso. Essendo strutturato come quelli di Forest Europe, il rapporto mette a disposizione risultati comparabili a livello internazionale e serve come pubblicazione di riferimento. Mediante una vasta base di dati provenienti da rilevamenti di lungo periodo, risponde a interrogativi importanti per la società, l'economia e la politica.

Keywords:

*forest, wood,
forest ecosystem services,
climate change,
condition and development,
long-term surveys,
Forest Europe*

Mots-clés :

*forêt, bois,
prestations forestières,
changements climatiques,
état et évolution,
enquêtes à long terme,
Forest Europe*

Stichwörter:

*Wald, Holz, Waldleistungen,
Klimawandel,
Zustand und Entwicklung,
Langzeiterhebungen,
Forest Europe*

Parole chiave:

*bosco, legno,
prestazioni del bosco,
cambiamento climatico,
stato ed evoluzione,
monitoraggio di lungo periodo,
Forest Europe*

Avant-propos

Quoi de plus reposant qu'une promenade en forêt ? Au printemps, quand les arbres et les buissons éclatent de verdure ; en automne, quand la forêt se pare à nouveau de son manteau multicolore. Mais la forêt, par sa polyvalence, apporte bien plus à la population. En tant que forêt protectrice, elle protège de dangers naturels tels que chutes de pierres, avalanches et laves torrentielles. En tant que milieu naturel, elle offre un habitat à une multitude d'animaux et de plantes et est donc essentielle à la conservation de la biodiversité.

Ses prestations deviennent encore plus importantes dans le contexte des changements climatiques. Nous le ressentons quand nous quittons la ville surchauffée en été pour nous promener dans la fraîcheur des arbres. Avec son bois, ressource renouvelable, la forêt contribue à la protection du climat. Elle capte le CO₂ atmosphérique et le stocke durablement dans le bois, en particulier lorsque celui-ci est réutilisé ensuite dans la construction. En tant que source de matières premières, elle participe aussi à la vie économique. Ces prestations forestières, parmi beaucoup d'autres comme le montre le présent rapport, gagnent en importance.

Le Rapport forestier 2025 donne une vue d'ensemble de l'état, de l'évolution et de l'avenir de la forêt suisse dans tous ses aspects. Environ 90 spécialistes ont collecté des informations issues de nombreuses observations à long terme et les ont interprétées avec expertise dans six chapitres thématiques pour répondre aux questions importantes. La synthèse résume l'essentiel de la recherche, et la partie consacrée aux conséquences montre les mesures politiques nécessaires pour que la forêt puisse s'adapter aux nouvelles conditions environnementales et continuer à l'avenir de fournir ses prestations.

Scientifiquement étayé et fondé sur les critères de Forest Europe, le présent rapport est devenu une publication de référence. Il s'adresse à un public de spécialistes, mais aussi aux lecteurs intéressés de la société, de l'économie et du monde politique.

Il n'y a pas de réponses simples à la question : « Comment se porte la forêt suisse ? ». Mais une chose est sûre : les changements climatiques s'y font aussi sentir. Leurs conséquences ne se limitent pas aux personnes ayant directement affaire à la forêt, elles requièrent le soutien et la collaboration de toute la société – et surtout d'une société bien informée.

Nous espérons qu'avec ses informations très complètes sur l'état, l'évolution et l'avenir de la forêt, le Rapport forestier contribuera à des discussions et à des décisions bien étayées.

Katrin Schneeberger, directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Rolf Holderegger, directeur
Institut fédéral de recherches sur la forêt,
la neige et le paysage (WSL)



La forêt en mutation : une synthèse

Andreas Rigling, Michael Husistein, Marco Ferretti, Michael Reinhard

La dernière décennie a été l'une des plus mouvementées et a eu des conséquences déterminantes pour la forêt suisse, son exploitation et la chaîne de valeur ajoutée de la forêt et du bois. Selon la perspective et la région, on peut qualifier l'état actuel de la forêt d'« affaibli », voire de « critique ». Or une forêt vigoureuse et saine est essentielle pour la Suisse au vu des multiples prestations qu'elle fournit à la société : production de la matière première bois, protection contre les avalanches, les glissements de terrain et d'autres dangers naturels, protection contre l'érosion, purification de l'eau potable, stockage de carbone atmosphérique, espace de détente pour la population, sans oublier son rôle fondamental de gardienne de la biodiversité. La conservation de ces prestations et de la biodiversité gagne en importance face aux transformations environnementales et aux exigences accrues de divers groupes d'intérêts.

Durant la dernière décennie, plusieurs tendances mondiales ont directement ou indirectement influencé l'évolution de la forêt suisse.

- **Les changements climatiques** (GIEC 2022) : Les perturbations et les événements extrêmes tels que tempêtes, vagues de chaleur et sécheresses se font plus fréquents et causent des dégâts de plus en plus visibles en forêt et par endroits des dépérissements étendus d'arbres. Des prestations précisément importantes face aux changements climatiques peuvent en être affectées, comme la protection contre les dangers naturels, la production de bois ou le stockage de carbone qui contribue à protéger le climat.
- **La perte globale de la biodiversité** (IPBES 2019a) : Environ 40 % des espèces animales et végétales en Suisse vivent dans la forêt ou en sont tributaires. Ce milieu naturel joue ainsi un rôle majeur dans la protection et la conservation de la biodiversité. Elle abrite aussi des espèces et des habitats menacés qui requièrent une protection particulière, surtout à l'interface entre forêt et terres ouvertes.
- **La mondialisation** : Les transports internationaux de marchandises et de personnes favorisent l'introduction d'organismes nuisibles particulièrement

dangereux tels que plantes, champignons et insectes (Bonnamour et al. 2021). Ils peuvent évincer des espèces indigènes et nuire à l'ensemble de l'écosystème forestier. Le contrôle des importations, la surveillance, la lutte ciblée et – en dernier recours – l'intégration contrôlée de ces organismes dans la gestion forestière sont donc indispensables.

- **La pénurie mondiale de matières premières** (IRP 2019) : La demande en bois, matière première renouvelable, augmente fortement. Du point de vue économique et écologique, son exploitation doit être encouragée si elle se base sur une production durable et favorise une chaîne de valeur ajoutée régionale.
- **L'urbanisation** (United Nations 2018) : Face à la croissance démographique et à l'évolution des loisirs, le milieu naturel forestier sert de plus en plus d'espace de détente et prend une importance accrue pour la santé publique. Cette sollicitation supplémentaire pose des défis considérables pour la gestion forestière.

La présente synthèse vise à analyser les résultats du Rapport forestier 2025 dans le contexte de ces processus mondiaux.

La forêt change profondément

La forêt suisse couvre environ 1,3 million d'ha, soit près d'un tiers du territoire suisse. Pour la première fois depuis des décennies, sa surface n'a que légèrement augmenté sur les dix dernières années. Sur le Plateau très peuplé et en fond de vallée, la forêt subit même la pression croissante de besoins d'espace concurrents. La conservation de l'aire forestière reste un défi, surtout dans ces régions.

Une tendance similaire se dessine avec le volume des arbres vifs. La forte hausse enregistrée au tournant du millénaire s'est ralentie. Depuis 2015, le volume de bois n'a presque pas changé. Il continue de s'accroître dans les Alpes et dans le sud des Alpes, mais a diminué dans le Jura et sur le Plateau, surtout parce que la sécheresse, les ravageurs et les maladies ont augmenté la mortalité des arbres, mais aussi parce que la matière première bois y est davantage exploitée.

L'épicéa reste de loin l'essence la plus répandue dans la forêt suisse (42 % du volume global), devant le hêtre (18 %). À l'échelle suisse, la part des résineux est demeurée stable à deux tiers durant la dernière décennie. Mais au niveau régional, des changements marqués se dessinent dans la composition en essences. Ainsi, la part d'épicéas a chuté de 15 % sur le Plateau et de 10 % dans le Jura. Celle du hêtre a aussi clairement reculé dans le Jura, mais progresse de 8 % dans les Alpes et de 20 % dans le sud des Alpes. Le volume de frêne a diminué, surtout en raison du dépérissement des pousses du frêne, tandis que l'érable sycomore, le sapin et le mélèze ont nettement augmenté. Cette évolution modifiera durablement la dynamique forestière.

Outre la composition en essences, la structure de la forêt, l'âge des arbres et l'étendue et la qualité de la régénération ont aussi une influence sur l'évolution future de la forêt. Les forêts richement structurées avec des arbres de différentes grandeurs et classes d'âge sont plus résilientes aux modifications de l'environnement. Elles subissent moins de dégâts et se rétablissent plus vite après des perturbations et des événements extrêmes, qui se multiplieront avec les changements climatiques. Bien que 64 % de la surface forestière en Suisse soit constituée de plusieurs strates et étages, le rajeunissement d'essences adaptées au climat futur y est souvent insuffisant, surtout lorsque la régénération préalable est rare. Cette dernière désigne les jeunes arbres qui ont pu s'établir sous l'abri du peuplement principal. Les forêts où elle est assez abondante sont plus résilientes, la recolonisation des surfaces perturbées étant plus rapide lorsque les jeunes arbres sont déjà présents.

L'une des prestations essentielles de la forêt face aux changements climatiques est sa capacité à fixer le carbone atmosphérique par la photosynthèse. La forêt suisse stocke en moyenne 269 t de carbone par ha, dont plus de la moitié dans le sol. Les sols forestiers de Suisse sont particulièrement performants dans ce contexte. Ils emmagasinent environ 50 % de carbone de plus que ceux d'autres pays d'Europe centrale. Plusieurs raisons expliquent cela : l'âge avancé des forêts, le climat frais et humide, qui favorise l'accumulation de carbone dans le sol, et la sylviculture proche de la nature, qui réduit les dégâts causés aux sols.

La forêt n'a cessé de s'étendre et son volume de bois, d'augmenter durant les 40 années précédentes. Elle était

ainsi généralement un puits de carbone. Mais en raison du renversement de tendance de la croissance montré dans ce rapport et des perturbations et événements extrêmes liés aux changements climatiques, elle pourrait devenir plus souvent une source de carbone au niveau local et voir son effet de puits diminuer au niveau national. Pour contrer cette tendance et soutenir les trois prestations climatiques de la forêt (séquestration de carbone en forêt, stockage de carbone dans des produits en bois, substitution matérielle et énergétique de matières premières et matériaux plus nuisibles au climat), il convient de renforcer sa résilience par des mesures sylvicoles et de promouvoir l'utilisation du matériau bois, p. ex. dans les meubles et les bâtiments.

Les changements climatiques, une source de stress pour la forêt

La progression rapide des changements climatiques a considérablement aggravé les menaces pesant sur la forêt. Durant la dernière décennie, plusieurs perturbations et événements extrêmes ont provoqué des dégâts locaux ou régionaux : sécheresse au printemps 2015, gelées tardives en 2017, tempêtes Éléonor et Vaia en 2018, grêle en Suisse centrale en juin 2021, et vagues de chaleur et sécheresses estivales en 2018, 2019, 2022 et 2023, souvent suivies d'infestations de scolytes. Leurs effets ont été réciproquement amplifiés par l'enchaînement rapide de ces événements. Il a manqué des phases de récupération avec des années plus fraîches, des précipitations suffisantes et une pression moindre des organismes nuisibles durant lesquelles les arbres auraient pu adapter leur métabolisme et la forêt aurait reconstitué ses réserves d'eau. D'autres facteurs de stress, comme les charges excessives d'azote ou l'ozone troposphérique, ont aggravé la situation. Bien que ces immissions aient été réduites ces dernières années, elles dépassent encore en de nombreux endroits les charges critiques et peuvent ainsi perturber la croissance de la forêt et sa résistance à la sécheresse (Etzold et al. 2021), rendant l'écosystème forestier plus vulnérable aux organismes nuisibles.

Les organismes exotiques nuisibles introduits en Suisse par un commerce de plus en plus mondialisé jouent aussi un rôle important. Le dépérissement des pousses du frêne en est un exemple actuel. Cette maladie est causée par un champignon d'Asie orientale probablement introduit avec du matériel végétal en Europe dans les années 1990. Observée pour la première fois en Suisse en 2008, elle s'est

répandue depuis de façon épidémique. Elle fait surtout périr les jeunes frênes, mais touche aussi des peuplements plus âgés (Dubach et al. 2023). Cette essence autrefois importante risque de disparaître de la sylviculture. Cependant, 2 à 5 % des frênes sont résistants. Il est indispensable de les protéger et de les favoriser pour qu'ils transmettent leur résistance à leur descendance. Cela permettrait de conserver cet arbre à croissance rapide, assez résistant à la sécheresse, et au bois d'excellente qualité, qui pourrait être l'une des essences d'avenir qui joueront un rôle important dans l'adaptation des forêts aux changements climatiques.

La forêt suisse étant en principe exploitée de manière proche de la nature, elle possède des structures plus diversifiées et est donc plus résistante aux changements climatiques que les monocultures à grande échelle de pays voisins. Cependant, les dégâts ont aussi augmenté chez nous durant la dernière décennie, rendant nécessaire une adaptation proactive de sa gestion au sens de la sylviculture adaptative proche de la nature (Larsen et al. 2022). Celle-ci consiste p. ex. à utiliser les surfaces perturbées pour favoriser des essences rares ou introduire ponctuellement des essences bien adaptées au climat futur afin d'obtenir des forêts très mélangées, généralement plus résilientes.

Favoriser globalement la biodiversité en forêt

La disparition croissante des espèces est, avec les changements climatiques, l'une des plus graves menaces de notre temps, car la biodiversité est à la base de nombreux services écosystémiques indispensables à la vie humaine. En Suisse, environ 40 % des quelque 56 000 espèces de plantes, de champignons et d'animaux répertoriées vivent dans ou de la forêt. C'est l'un des habitats les plus diversifiés du pays. Fait encourageant : la biodiversité s'y améliore légèrement. Ainsi, les populations de nombreux oiseaux forestiers ont augmenté ces dix dernières années. La diversité des mollusques, des mousses et des essences a aussi progressé.

L'augmentation du bois mort, habitat indispensable à beaucoup d'espèces spécialisées, est aussi favorable à la biodiversité en forêt. Elle résulte d'une mortalité accrue des arbres consécutive à des perturbations, mais aussi d'une gestion forestière consciente de la valeur de ce bois pour la diversité biologique. En Suisse, le volume de bois mort en forêt atteint aujourd'hui 32 m³ par ha. Cependant, des

déficits subsistent au niveau régional. En outre, la demande accrue de bois-énergie pourrait menacer cette tendance à la hausse, le bois mort étant de plus en plus utilisé comme combustible.

Des progrès sont aussi enregistrés avec les réserves forestières naturelles et spéciales. En 2022, 7 % de l'aire forestière était déjà délimitée en zone protégée, surtout dans les Alpes. L'objectif du Conseil fédéral de mettre 10 % de la surface sous protection d'ici 2030 est en bonne voie de réalisation.

Ces évolutions positives ne doivent pas occulter les déficits qui subsistent. Ainsi, 13 % des espèces forestières de plantes vasculaires sont menacées. Chez les coléoptères qui vivent dans le bois mort et en dépendent, la proportion d'espèces menacées atteint même près de 50 %. La qualité du milieu naturel est encore très insuffisante suivant la région. Environ 70 % des forêts du Plateau comportent une part toujours trop élevée et donc peu naturelle d'épicéas. En outre, 41 % des associations forestières avec les habitats qu'elles offrent sont considérés comme menacés, en particulier les forêts alluviales, les forêts claires ainsi que les gros arbres âgés offrant une grande variété de microhabitats à des espèces spécialisées.

Outre la sylviculture proche de la nature, les lisières, en tant qu'interfaces entre forêt et agriculture et la mise en réseau de forêts par des haies et des arbres isolés ou en groupes dans le paysage sont essentielles à la conservation de la biodiversité. Or les données de ce rapport montrent qu'en dessous de 600 m d'altitude, ces éléments structurels ont été éliminés sur environ 30 % des surfaces ouvertes. Ils seraient des têtes de pont vers d'autres habitats pour de nombreuses espèces et une composante importante de la mise en réseau écologique fonctionnelle telle que recherchée par la Confédération, qui vise à relier des régions riches en espèces et en habitats par des aires de protection et de mise en réseau. Pour atteindre ces objectifs, une gestion intégrative des forêts et du paysage (Krumm et al. 2020) et une collaboration étroite entre représentants de la sylviculture, de l'agriculture et de la protection de la nature sont nécessaires.

En Suisse, 90 % des forêts sont régénérées naturellement avec de jeunes arbres issus d'ensemencement naturel. La

régénération naturelle contribue à une diversité génétique élevée des arbres qui favorise l'adaptation de la forêt aux changements climatiques. Dans certaines régions, des populations excessives de gibier compromettent la régénération et le potentiel d'adaptation naturels de la forêt, car les animaux abrutissent les jeunes arbres d'essences écologiquement précieuses.

Une diversité suffisante d'essences est tout aussi importante d'un point de vue tant écologique qu'économique pour l'adaptation au climat, car les forêts mélangées riches en espèces sont plus résistantes aux effets des changements climatiques, et le risque économique de pertes après des perturbations telles que chablis et infestations de scolytes y est réparti sur différentes essences. Pour garantir les diverses prestations forestières et notamment l'approvisionnement en bois face aux changements climatiques, certaines essences d'avenir encore rares dans la forêt suisse, indigènes ou non, pourraient prendre plus d'importance. Les effets écologiques et économiques de ces mélanges progressifs font l'objet d'études approfondies, mais sont encore difficiles à évaluer.

Marge de manœuvre réduite en forêt protectrice

En Suisse, 44 % de l'aire forestière est délimitée comme forêt protectrice. Ces forêts protègent les personnes et les infrastructures de dangers naturels tels que les avalanches, les chutes de pierres, les glissements de terrain et les laves torrentielles. Elles sont une mesure de prévention peu coûteuse et un élément central d'une gestion intégrée des risques. Sans elles, la vie en montagne ne serait guère imaginable. Elles se trouvent aussi à basse altitude et sur le Plateau. De plus, un sol forestier sain filtre l'eau d'infiltration et améliore ainsi la qualité de l'eau potable.

La forêt protectrice est de plus en plus importante, car la population s'accroît et avec elle l'infrastructure à protéger, et les dangers naturels comme les chutes de pierres augmentent en raison des changements climatiques. Ces derniers nuisent aussi à la forêt protectrice. Après les étés chauds et secs de 2018 et 2022, les forêts subalpines ont énormément souffert de stress hydrique. En altitude, les infestations de scolytes ont causé d'importants dégâts aux résineux (Dubach et al. 2023). Or seule une forêt en bon état peut assurer une protection durable. Elle doit être assez dense et constituée d'arbres sains, et disposer d'une

régénération suffisante pour que les jeunes arbres puissent reprendre sans interruption la fonction protectrice lorsque des arbres plus âgés meurent ou sont récoltés. Ces deux conditions impliquent des soins minimaux tels qu'ils sont inscrits dans la loi sur les forêts et dont l'application a été concrétisée par la Confédération et les cantons (OFEV 2024). En raison des changements climatiques, l'entretien de ces forêts afin de pérenniser leur effet protecteur pose de plus en plus de défis.

Durant la dernière décennie, 17 % de la surface totale de forêts protectrices a été entretenue. Sur cette période, ces forêts se sont densifiées en de nombreux endroits. Si leur effet protecteur s'améliore ainsi à court terme, il peut s'affaiblir à long terme, car les forêts s'assombrissent et deviennent plus homogènes. Dans les Alpes, environ 40 % des forêts protectrices n'ont déjà qu'une seule strate. Le manque de lumière au sein de peuplements toujours plus denses et un abrutissement par endroits intense des jeunes arbres empêchent une régénération suffisante sous le peuplement principal. La proportion de forêt protectrice pauvre en recrûs a augmenté pendant la dernière décennie et atteint déjà 30 %. Les jeunes sapins, érables et chênes, considérés comme des essences d'avenir à favoriser, sont particulièrement touchés par l'abrutissement. L'effet protecteur pourrait être menacé par endroits. Il est donc urgent de prendre des mesures harmonisées au niveau régional. Les interventions sylvicoles et la régulation des populations de gibier doivent être soigneusement coordonnées avec les représentants de la chasse et de la protection de la nature.

Les forêts protectrices et leur gestion doivent être adaptées aux conséquences des changements climatiques. C'est particulièrement difficile, car ces forêts se trouvent souvent à des altitudes élevées, où le choix des essences est limité. En outre, elles doivent être gérées de telle sorte que leur fonction soit durablement garantie, ce qui réduit les possibilités d'intervention et d'essais, p. ex. avec des essences étrangères à la station ou non indigènes. L'essentiel est de maintenir une régénération préalable suffisante. De plus, le bois mort laissé en forêt améliore pendant des décennies, par son effet de freinage, la protection contre les avalanches, les chutes de pierres et les glissements de terrain, contribue à la régénération et favorise la diversité structurelle des populations (Bebi et al. 2023).

Garantie de l'approvisionnement en bois et de sa transformation

Pour la première fois depuis des décennies, l'accroissement du volume de bois a diminué selon les régions. L'accroissement brut, qui recouvre l'accroissement des arbres vifs et le volume des pertes (arbres morts sur pied ou à terre et arbres retirés de la forêt), a reculé de 2,2 % par rapport à la décennie précédente. La mortalité des arbres a massivement augmenté et correspond aujourd'hui à 25 % de l'accroissement brut. L'accroissement net, qui ne relève que les changements des arbres vifs, a même chuté de 13 %. L'exploitation habituelle des arbres a légèrement diminué sur toute la Suisse.

Le rapport entre exploitation et accroissement net est un indicateur de l'exploitation durable de la ressource bois. Une exploitation durable signifie ne récolter à long terme qu'autant de bois qu'il en repousse. C'est le cas lorsque l'exploitation moyenne sur des décennies correspond à 100 % de l'accroissement net. En raison de la diminution actuelle de l'accroissement, le rapport entre exploitation et accroissement net a légèrement augmenté sur la dernière décennie au niveau suisse pour atteindre environ 89 %. Dans le Jura et sur le Plateau, l'exploitation dépasse même clairement l'accroissement net, faisant diminuer les volumes accumulés au fil des décennies à la suite d'une trop faible exploitation. Dans les Alpes et dans le sud des Alpes, l'exploitation reste plus basse et les volumes y sont donc élevés. Ainsi, les quantités de bois disponibles varient selon la région. Ce potentiel provient des peuplements qui pourraient être exploités plus intensivement (jusqu'à l'accroissement net), des stocks encore élevés, du bois disponible en raison de mesures urgentes d'adaptation aux changements climatiques ou encore du bois qui était jusqu'ici laissé à terre dans la gestion forestière.

La demande en bois a fortement augmenté. La consommation finale s'est accrue de plus de 15 % par rapport à la dernière décennie. L'utilisation du bois comme élément de l'économie circulaire est souhaitable et peut contribuer notablement à la réalisation de l'objectif de zéro net que la Suisse doit atteindre d'ici 2050. À l'avenir, l'approvisionnement du marché du bois deviendra toutefois un défi pour l'économie forestière.

Pendant longtemps, plus de la moitié du bois récolté en forêt a fait l'objet d'une valorisation matière dans l'ameublement

ou le bâtiment. Durant la dernière décennie, cette utilisation a baissé, passant de 52 % à 41 %, tandis que la valorisation énergétique (bois incinéré pour produire de la chaleur ou de l'électricité) a augmenté d'environ 56 %. En 2021, la consommation totale de bois-énergie s'élevait à quelque 5,8 millions de m³ de bois, dont près de la moitié récolté en forêt. Le reste provenait de bois hors forêt, de sous-produits de la transformation du bois ainsi que de bois récupéré après un autre usage. En outre, environ 346 000 t de bois de chauffage ont pour la première fois été importées en 2022 à la suite de la hausse de la demande en énergie renouvelable. La part du bois-énergie dans la consommation finale d'énergie atteint aujourd'hui près de 6 %. En Suisse, il s'agit de la deuxième plus importante source d'énergie renouvelable après la force hydraulique.

Aujourd'hui, jusqu'à 70 % du bois de feuillus récolté en forêt sert déjà à la production d'énergie. Cette part pourrait encore augmenter en raison de la hausse de la demande en bois-énergie. Pour des raisons de protection du climat, d'efficacité des ressources et de création de valeur, l'incinération directe de bois récolté en forêt en lieu et place d'une utilisation matérielle est indésirable. L'utilisation énergétique de cette ressource renouvelable produit certes un effet de substitution lorsqu'elle réduit la consommation de combustibles fossiles, mais elle ne fixe pas de carbone atmosphérique supplémentaire, contrairement à la valorisation matière, qui permet de stocker le carbone durablement. C'est pourquoi la Suisse vise une utilisation du bois en cascade (OFEV 2021b). Celle-ci prévoit que le bois de forêt soit d'abord utilisé comme matériau, et brûlé seulement à la fin de son cycle de vie, p. ex. comme bois usagé provenant de bâtiments ou de meubles.

La filière du bois transforme surtout du bois de résineux. Si celui-ci vient à manquer parce que la production d'épicéa s'effondre à basse altitude en raison des changements climatiques, la branche devra s'adapter. Trois options s'offrent à elle. Elle peut se réorienter vers les feuillus, ce qui suppose toutefois une adaptation radicale de la chaîne de transformation du bois. Une autre stratégie serait d'augmenter les importations de bois résineux, ce qui irait à l'encontre de l'objectif d'un renforcement de la chaîne de valeur ajoutée, souhaitable pour des raisons tant environnementales et climatiques qu'économiques.

La troisième option serait d'intensifier l'exploitation de bois résineux des forêts suisses. Cette stratégie a toutefois ses limites, elle aussi. Actuellement, elle n'est envisageable que dans les Alpes et dans le sud des Alpes, qui abritent les plus grosses réserves de bois résineux et où l'exploitation est encore très inférieure à l'accroissement, contrairement au Plateau ou au Jura. Cependant, en raison du terrain peu praticable et de la mauvaise desserte, les coûts de récolte et d'évacuation y sont bien plus élevés que dans les autres régions de production. Il est donc essentiel de déterminer, d'une part, si la sylviculture adaptative proche de la nature permet de produire assez de bois dans un contexte de changements climatiques et, d'autre part, si le maintien d'une production indigène est économiquement intéressant et écologiquement acceptable. Faut-il mélanger des essences non indigènes comme le douglas afin de maintenir à l'avenir une production de résineux sur le Plateau, dans le Jura et dans les Préalpes ? Faut-il envisager de compléter l'exploitation actuelle proche de la nature par des systèmes à révolutions raccourcies et une ligniculture à petite échelle ? Et dans quelles stations, sur quelle étendue et avec quelles essences ? Comment concevoir les mesures de compensation pour la biodiversité et d'autres prestations qui seraient limitées par l'exploitation plus intensive de ces unités de gestion ? Ces questions restent largement sans réponse. Avec le scénario d'une hausse de la demande de bois en Suisse et dans le monde, il vaudra encore la peine à l'avenir de tenir compte d'essences économiquement exploitables dans la forêt mixte. D'autant plus que l'offre indigène de cette ressource contribue à assurer de la valeur ajoutée en Suisse, depuis la transformation du bois récolté jusqu'aux produits en bois. En outre, les émissions des transports diminueraient, et les consommateurs auraient l'assurance que le bois provient d'une production durable.

Des défis pour l'économie forestière

Les profondes transformations de la forêt posent aussi de gros défis aux entreprises et aux propriétaires forestiers. En Suisse, environ 71 % de l'aire forestière appartient à des propriétaires publics, qui possèdent en moyenne 265 ha de forêt. Les 29 % restants sont aux mains de particuliers, qui ne détiennent en moyenne que 1,5 ha. Ce morcellement en petites propriétés se traduit par une grande variété de formes de gestion, mais complique la coordination des mesures de plus en plus nécessaires face aux changements climatiques.

Environ la moitié des entreprises forestières affichent des chiffres noirs. Grâce à une hausse marquée des prix du bois depuis 2020, la perte annuelle moyenne totale des entreprises est passée de 58 millions de francs en 2012 à 6,5 millions en 2021. Les principales sources de revenu restent les recettes du bois, suivies de la gestion des forêts protectrices soutenue par les pouvoirs publics.

La forêt fournit à la population ou à des groupes d'intérêts spécifiques de nombreuses prestations pour lesquelles les entreprises et les propriétaires forestiers ne sont pas indemnisés. En raison de la croissance démographique, de la densification urbaine et de l'évolution vers une société de loisirs, la forêt est de plus en plus utilisée comme un espace de détente, ce qui peut faire exploser les frais. En revanche, l'indemnisation pour activités de loisirs ou la vente de certificats climatiques pourraient constituer de nouvelles sources de revenus. Des produits forestiers non ligneux comme les champignons, le miel, les sapins de Noël, les châtaignes et le gibier remportent un succès grandissant. Si la planification des mesures sylvicoles devient ainsi encore plus complexe, elle est également grevée d'incertitudes dues aux transformations climatiques rapides. Les technologies modernes de télédétection (Lidar, données satellitaires) pour le relevé de l'état des forêts, les aides à la décision et les modèles de simulation optimisés par l'intelligence artificielle, les nouvelles méthodes de suivi de la chaîne de livraison et les progrès de la numérisation peuvent aider à intégrer dans la planification forestière des stratégies flexibles et fiables, comme de nouveaux systèmes de certification.



Conclusions : la forêt suisse en mutation

Le Rapport forestier 2025 montre que la forêt, sa gestion et la chaîne de valeur ajoutée de la forêt et du bois sont en mutation. L'évolution du contexte écologique, économique et social pose des défis considérables. Les présentes conclusions décrivent les conséquences des résultats du rapport pour le secteur de la forêt et du bois. Les questions soulevées ne peuvent être résolues qu'en dialogue avec tous les groupes d'intérêt. C'est une opportunité pour reconsidérer et adapter les points de vue, stratégies et procédures actuelles en tenant compte de l'intérêt croissant de larges couches de la population pour la forêt. La filière forêt-bois pourrait ainsi devenir un élément important de l'économie circulaire et soutenir les objectifs environnementaux et climatiques de la Confédération. Ces défis ne pourront toutefois être maîtrisés que si nous parvenons en tant que société à créer les conditions requises pour que la forêt puisse s'adapter aux changements climatiques.

Une diversité suffisante des essences est nécessaire pour garder des **marges de manœuvre pour l'avenir**. La régénération naturelle complétée par des plantations ciblées permet d'intégrer des essences d'avenir qui améliorent globalement la capacité d'adaptation de la forêt. La promotion d'essences indigènes est prioritaire. Des provenances indigènes de régions chaudes et sèches (p. ex. hêtre du sud de l'Italie) peuvent être utilisées en deuxième priorité. Les essences non indigènes non envahissantes ne sont à envisager qu'en troisième priorité. Les éventuels changements de composition et élargissements du mélange d'essences doivent être expérimentés et leurs conséquences sur les prestations forestières et la biodiversité évaluées à l'aide de modèles de simulation.

Le développement de la sylviculture proche de la nature soutient l'adaptation de la forêt aux changements climatiques et favorise la diversité biologique ainsi que celle des essences et des structures. Cette sylviculture adaptative intègre d'emblée les perturbations dans la planification et applique des mesures ciblées de promotion de la biodiversité, comme la conservation en forêt de bois mort et d'arbres-habitat ou la délimitation de réserves forestières. La possibilité d'ajouter des essences non indigènes et la forme de gestion adéquate à cet égard sont à clarifier, en tenant compte en particulier de la sécurité

de l'approvisionnement futur en bois valorisable comme matériau (y c. résineux). Outre la sylviculture adaptative proche de la nature, il convient d'appliquer plus souvent la **gestion forestière intégrative**, qui favorise simultanément différentes prestations forestières. La forêt devrait être considérée comme un élément du paysage qui met en réseau différents milieux naturels dans tout le pays.

À l'avenir, toute la **chaîne de valeur ajoutée de la forêt et du bois**, c'est-à-dire de la production de la matière première à l'utilisation des produits finaux en passant par la transformation, devra s'adapter aux nouvelles conditions. Les changements climatiques entraîneront par endroit une modification dans la répartition des essences. Suivant la région, des feuillus plus résistants à la sécheresse pourraient en profiter aux dépens de la part de résineux et poser un défi à la chaîne d'approvisionnement, aujourd'hui très axée sur les résineux, surtout pour le bois de construction. Le changement d'essences et d'assortiments implique de nouveaux procédés techniques et produits en bois, des domaines d'utilisation adaptés et de nouveaux réseaux utilisateurs de ces produits.

Les changements à venir pourraient créer des **conflits d'objectifs dans la gestion forestière**. Par exemple, la demande croissante de bois-énergie se heurte à l'exigence de conserver plus de bois mort, d'îlots de sénescence et d'arbres-habitats en forêt pour protéger les habitats et les espèces. Pour que la forêt puisse fournir ses diverses prestations selon le principe de multifonctionnalité, ces conflits doivent être identifiés précocement et intégrés dans la planification forestière, afin de trouver des solutions basées sur des synergies et non sur des oppositions.

Les conflits d'intérêts dans le domaine **forêt-gibier-agriculture-protection de la nature**, comme l'abrutissement trop élevé par endroits qui perturbe des fonctions forestières, doivent être résolus d'une manière globale et adaptée aux situations. Par exemple, les grands prédateurs comme le loup nuisent à des animaux de rente, mais contribuent aussi à réguler les populations de gibier en forêt et donc à réduire l'abrutissement excessif (Kupferschmid et Bollmann 2016). Les risques et les avantages de ce type de régulation doivent être évalués sur place par les groupes d'intérêts dans une démarche commune et constructive.

Pour gérer ces défis, des **monitorings à long terme et réguliers** sont indispensables. Ils montrent l'état et l'évolution de la forêt et permettent ainsi d'identifier précocement les changements et leurs causes (Ferretti et al. 2024). Sur cette base, les représentants de tous les groupes d'intérêt sont appelés à renforcer le dialogue pour élaborer ensemble des solutions viables. Dans certains domaines, les changements nécessiteront des adaptations systémiques qui devront être entreprises rapidement à divers niveaux (pratique, recherche, administration et surtout formation initiale et continue). Ainsi, la forêt suisse pourra continuer de fournir à l'avenir les prestations dont a besoin la société.

Conséquences

Michael Husistein, Alexandra Strauss, Michael Reinhard

La présente partie consacrée aux conséquences est un résumé destiné aux instances décisionnelles de la politique, de l'économie et de la société. Elle se base sur les résultats des chapitres thématiques, ainsi que sur la synthèse et les conclusions correspondantes du Rapport forestier 2025.

Cadre politique

La Confédération a fixé l'orientation stratégique de ces dix dernières années dans la Politique forestière 2020, la « Politique forestière : objectifs et mesures 2021-2024 » et la « Politique de la ressource bois 2030 ». À cela s'est ajouté le complément de la loi sur les forêts, entré en vigueur le 1^{er} janvier 2017. Ce jalon comportait des compléments sur l'adaptation de la forêt aux changements climatiques, sur sa protection contre les organismes nuisibles et sur la promotion de la transformation et de l'utilisation du bois. En 2025 suivra la « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 » du Conseil fédéral, qui regroupe ces politiques.

Nouvelles conditions environnementales

Les changements climatiques modifieront de plus en plus les conditions de l'écosystème forestier. Des événements extrêmes tels que sécheresses, tempêtes et incendies ajoutés aux organismes nuisibles et aux dépôts élevés d'azote affectent déjà visiblement la forêt, y compris les forêts protectrices et les habitats de nombreuses espèces animales et végétales. La demande en bois, ressource renouvelable mais limitée, s'accroît. Les changements climatiques entraîneront une hausse de l'offre de feuillus. Les utilisations pour la détente et les loisirs augmentent aussi et avec elles les exigences envers la forêt. La question centrale est de savoir s'il est possible de soutenir suffisamment l'écosystème forestier pour qu'il continue de fournir ses précieuses prestations à la société face à ces rapides évolutions. Le rapport montre que les diverses fonctions de la forêt deviennent plus importantes avec la progression des changements climatiques. Il convient d'identifier les synergies et les éventuels conflits d'objectifs et d'analyser en profondeur leurs interactions, puis

d'élaborer sur cette base des mesures concertées et adaptées aux divers niveaux (national, cantonal, régional).

Conservation de l'écosystème forestier

Pour conserver la forêt en tant qu'écosystème résilient et capable de s'adapter au changement global, les défis suivants doivent être maîtrisés.

- La **capacité d'adaptation de la forêt aux changements climatiques** doit être garantie. La régénération joue ici un rôle déterminant. Elle doit être suffisante et adaptée à la station et aux futures conditions climatiques, ce qui nécessite des coupes de rajeunissement suivies de soins réguliers aux forêts ainsi que des mesures cynégétiques (régulation des populations de gibier pour réduire l'abrutissement) et sylvicoles (valorisation des habitats). Une gestion qui favorise la diversité des structures et des essences et la diversité génétique des arbres contribue à la capacité d'adaptation et limite les risques de dégâts après des perturbations et des événements extrêmes. Suivant le peuplement et la station, un raccourcissement de la révolution peut aussi réduire ces risques. Les peuplements très sensibles au climat doivent être identifiés et pris en compte de manière ciblée dans la gestion.
- L'**aire forestière** doit être préservée **dans sa répartition spatiale**. L'obligation légale de conserver la forêt est à maintenir. La conservation de l'aire forestière, et donc des prestations de la forêt à la société, exige une attention particulière sur le Plateau et en fond de vallée, où les besoins d'espace concurrents s'accroissent.
- Les évolutions positives de la **biodiversité en forêt** doivent être soutenues, surtout face au recul de la biodiversité hors de la forêt. Il faut pour cela valoriser des milieux naturels à l'aide de réserves forestières, de forêts claires, de bois mort et de lisières de qualité. Les déficits régionaux sont à supprimer. Le développement d'habitats précieux mis en réseau au sein de la forêt même et avec les écosystèmes attenants est important pour la capacité d'adaptation des biocénoses aux changements climatiques.

- La **vitalité et la santé des forêts** doivent être renforcées. De nombreux facteurs de stress apparaîtront plus souvent, mais aussi sous différentes combinaisons. Il importe de réduire ceux pouvant être influencés, comme les émissions de gaz à effet de serre, les dépôts excessifs d'azote, la propagation d'organismes nuisibles et les incendies de forêt d'origine humaine. Des mesures efficaces sont nécessaires pour prévenir ou limiter ces facteurs et préparer l'éventuelle gestion d'événements.

Garantir les fonctions de la forêt

Ce n'est que si l'on parvient à maîtriser ces défis que la forêt pourra continuer de remplir ses fonctions, même si elle fait l'objet d'une gestion durable et axée sur sa multifonctionnalité. Les prestations suivantes sont particulièrement importantes.

- Les **forêts protectrices** protègent la population et les infrastructures des dangers naturels. Les soins sylvicoles visent à garantir le maintien à long terme de leur effet protecteur, même lorsque le climat change. Une régénération diversifiée et adaptée au climat et des peuplements riches en structures sont essentiels. Or de plus en plus de forêts protectrices manquent de rajeunissement et beaucoup de peuplements n'ont plus assez de structures, rendant les forêts vulnérables aux perturbations. Pour que les forêts protectrices puissent fournir durablement leur prestation, des interventions sylvicoles précoces sont nécessaires, et des mesures ajustées aux conditions régionales doivent être prises pour soutenir l'adaptation aux changements climatiques et une gestion forêt-gibier efficace.
- L'évolution vers l'économie circulaire et la bioéconomie accroît la demande en **bois**. Une exploitation durable et une valorisation efficace de cette ressource selon le principe de la cascade sont d'autant plus importantes. L'utilisation en cascade consiste à ne valoriser énergétiquement le bois que lorsqu'il n'est plus utilisable comme matériau. Ce principe est pertinent pour des raisons tant écologiques qu'économiques, mais requiert une chaîne de valeur ajoutée complète, responsable, performante et innovante qui puisse développer des stratégies adaptées à l'augmentation des ressources en bois de feuillus et à de nouveaux produits à base de bois. Pour y parvenir, il faut créer des conditions cadres assurant une sécurité de planification et d'investissement suffisante, et garantir le financement de la recherche jusqu'aux projets pilotes.

- La gestion des forêts et l'utilisation du bois **contribuent à la protection du climat** grâce au stockage de CO₂ en forêt (séquestration du carbone) et dans les produits en bois (stockage du carbone dans le bois et substitution matérielle à des matériaux plus nuisibles au climat) ainsi qu'au remplacement par le bois d'agents énergétiques émettant plus de CO₂ (substitution énergétique). Il convient de renforcer ces prestations climatiques en tenant compte du principe de l'utilisation en cascade. Les acteurs de l'économie forestière et de l'industrie du bois sont appelés à développer des projets efficaces dans le cadre des instruments disponibles.
- L'importance de la **forêt comme espace de loisirs et de détente** pour la population s'accroît. Les espaces verts sont de plus en plus utilisés, notamment en ville et à leur périphérie. La fourniture de cette prestation demande une coordination soigneuse des intérêts. Les charges supplémentaires et les pertes de recettes liées à cette utilisation doivent être indemnisées.

La voie vers l'avenir

Les résultats du Rapport forestier 2025 seront intégrés dans la « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 ». Celle-ci propose des mesures pour tous les champs d'action et définit l'orientation future du domaine de la forêt et du bois. Elle se fonde sur un équilibre entre les intérêts de protection et d'utilisation et tient compte de politiques sectorielles comme le climat, l'énergie, la biodiversité, l'aménagement du territoire et l'économie circulaire. La « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 » repose sur le principe du partage des tâches entre la Confédération et les cantons et intègre tous les groupes d'intérêts pertinents du domaine de la forêt et du bois. Les acteurs politiques sont appelés à créer un cadre favorable au développement d'une forêt saine et adaptée aux changements climatiques. Une bonne coordination et une collaboration constructive entre politique, autorités, économie, science et société civile sont d'importantes conditions préalables.

Bases de données

Christoph Fischer, Alexandra Strauss

Un monitoring à long terme très complet

Le Rapport forestier se distingue par une base de données exceptionnellement large issue de relevés à long terme et une interprétation cohérente de celles-ci fondée sur des indicateurs standardisés et reconnus de Forest Europe (Forest Europe 2020). La base de données très complète, la comparabilité internationale des résultats et leur analyse à la lumière de questions pertinentes ont fait du Rapport forestier une publication de référence dans le domaine de la forêt et du bois. Les données disponibles jusqu'en juillet 2023 y ont été prises en compte.

Environ 90 experts ont contribué à la réalisation du Rapport forestier 2025. Il comprend six chapitres thématiques, qui correspondent aux critères d'une gestion durable des forêts définis par Forest Europe. Ces chapitres sont divisés en sous-chapitres correspondant aux indicateurs de Forest Europe. Le Rapport forestier 2025 s'écarte

occasionnellement de la structure pour traiter d'aspects spécifiques à la forêt suisse. Par exemple, un sous-chapitre 2.5 « Influence des changements climatiques sur la santé et la vitalité » a été introduit au chapitre 2.

Les données relevées à long terme et leur interprétation avec tout l'éventail des indicateurs permettent une évaluation fondée de la durabilité de la gestion des forêts. Les relevés sur lesquels se fonde le Rapport forestier 2025 sont présentés et décrits ci-après.

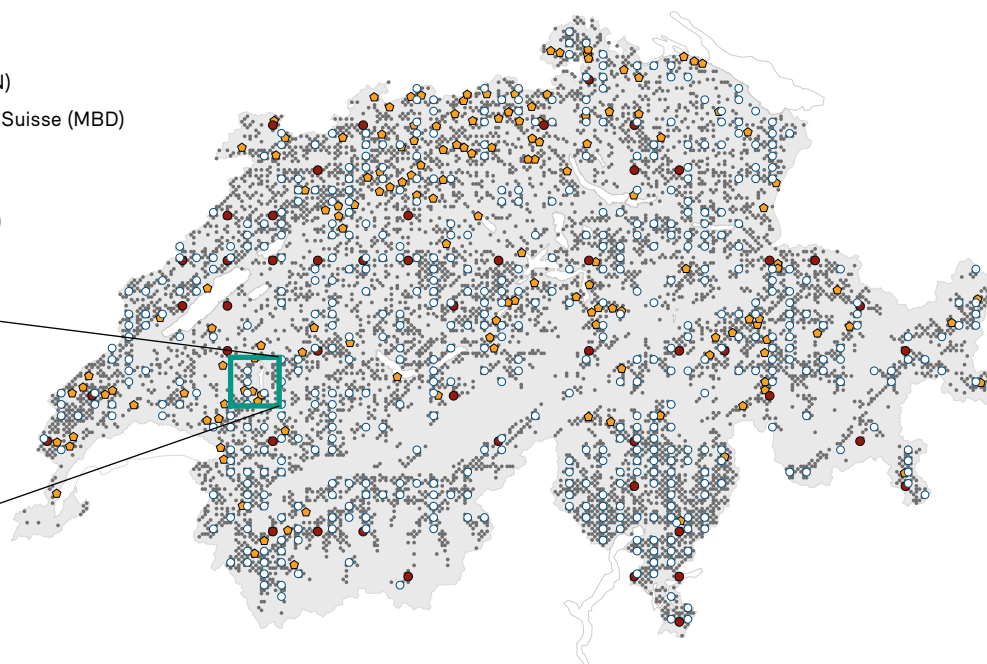
Légende

-  Relevé statistique
-  Sondage
-  Observation ou mesure sur le terrain

Figure 0.4.1

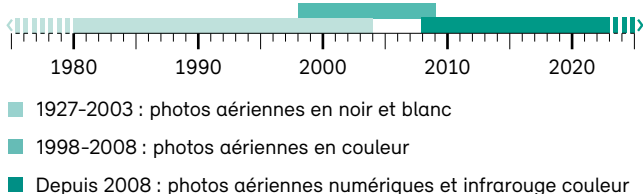
Relevés à l'échelle suisse

- Inventaire forestier national (IFN)
- Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)
- Inventaire Sanasilva
- ◆ Statistique forestière et réseau d'exploitations forestières (REF)



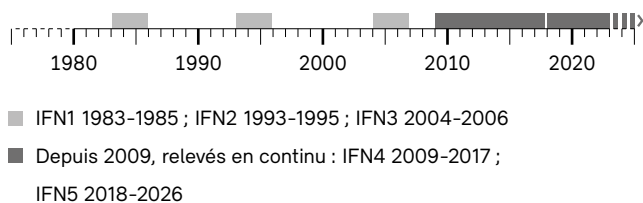
Télédétection

Analyse de photographies aériennes de swisstopo par le WSL pour l'étude des évolutions de la forêt et du paysage



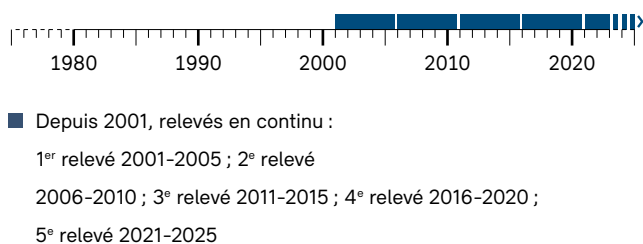
Inventaire forestier national (IFN)

Relève l'état de la forêt suisse et ses changements sur environ 6700 placettes.



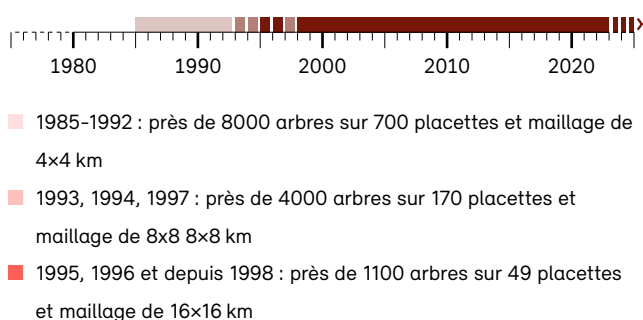
Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)

Surveille l'évolution de la biodiversité en forêt à l'aide d'un échantillon de l'IFN.



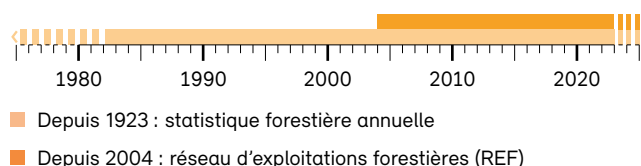
Inventaire Sanasilva

Suit la santé des arbres (défoliation et mortalité) dans un échantillon de l'IFN.



Statistique forestière et réseau d'exploitations forestières (REF)

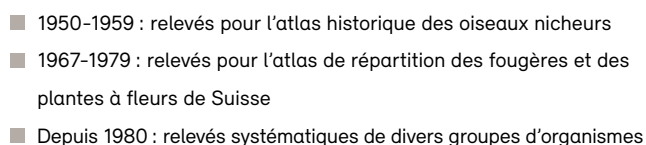
Enquête exhaustive auprès de tous les propriétaires forestiers (statistique forestière), et échantillonnage dans 160 entreprises forestières publiques (REF).



Non représentés dans la figure 0.4.1 :

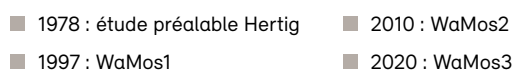
InfoSpecies

Organisation faîtière en matière de conservation des espèces. Relève systématiquement la répartition et la présence d'espèces d'animaux, de plantes et de champignons ainsi que les observations de collaborateurs bénévoles.



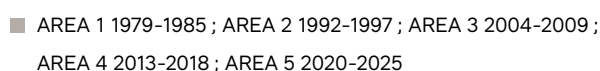
Monitoring socioculturel des forêts (WaMos)

Étudie l'attitude de la population envers la forêt par des enquêtes représentatives auprès des ménages.



Statistique suisse de la superficie

Relève des informations sur l'utilisation et la couverture du sol sur un réseau de surfaces d'échantillonnage de 100x100 m



Protection de la forêt suisse

Relève les atteintes à la forêt par le gel et les organismes nuisibles (insectes, champignons, ongulés sauvages).

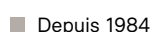
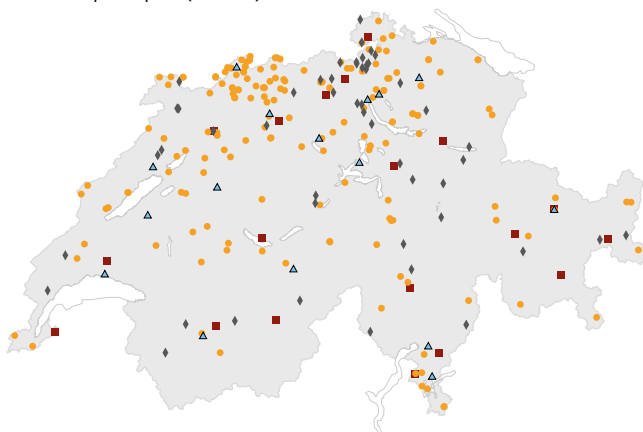


Figure 0.4.2

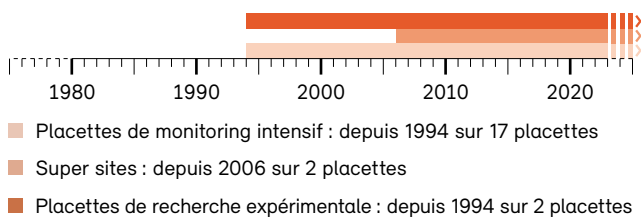
Relevés ciblés sur une sélection de placettes

- Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF)
- Observation intercantonale permanente des forêts (WDB)
- ◆ Contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles (RFN)
- ▲ Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL)



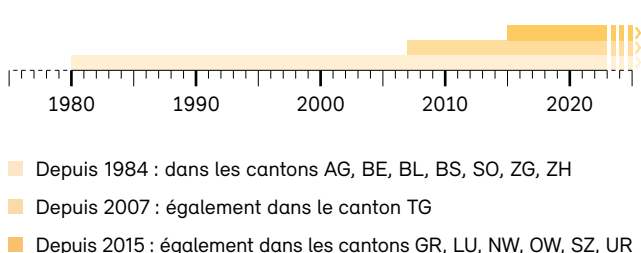
■ Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF)

Étudie les effets de la pollution atmosphérique et des changements climatiques sur la forêt.



● Observation intercantonale permanente des forêts (WDB)

Relève et documente la santé et la vitalité de la forêt sur 188 placettes d'observation.



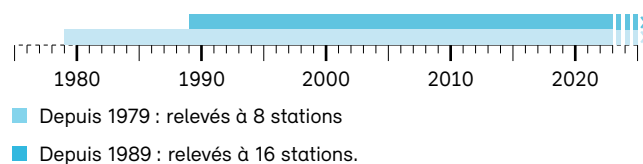
◆ Surveillance des réserves forestières naturelles en Suisse

Relève et évalue depuis 1948 le développement de la forêt dans les réserves.



▲ Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL)

Mesure la pollution atmosphérique à 16 stations (centres-villes, zones rurales, régions de haute montagne).



Autres bases de données du Rapport forestier 2025

- Statistique : défrichements autorisés
- Statistique de la chasse : évolution des populations de gibier
- Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA)
- Base de données des incendies de forêt
WSL Swissfire database
- Monitoring des espèces dans les réserves forestières naturelles : relevés d'espèces saproxyliques comme indicateur du caractère naturel
- Statistique du bois-énergie : installations de combustion à bois
- Statistique structurelle des entreprises : basée sur les registres des caisses de compensation AVS
- Observation du paysage (OPS) : environ 30 indicateurs de la qualité du paysage

1

Ressources

La forêt façonne le paysage de la Suisse : forêt de montagne sur le massif des Sibe-Hängste (BE), avec vue sur le Schreckhorn.

Photo : Simon Speich (LFI)







1 Ressources

Christoph Fischer, Michael Husistein

La forêt suisse assure de nombreuses prestations ; elle stocke par exemple du carbone et fournit des matières premières renouvelables. Durant la dernière décennie, sa surface n'a que légèrement augmenté. Elle s'est surtout étendue en altitude, là où l'agriculture de montagne a été abandonnée. Au niveau suisse, le volume de bois sur pied reste constant à 420 millions de m³, mais son évolution a été variable selon les régions. S'il a augmenté dans les Alpes et le sud des Alpes, il a légèrement reculé dans le Jura et sur le Plateau. Ces évolutions résultent principalement de différentes intensités d'exploitation ainsi que de pertes liées aux changements climatiques. Ces derniers ont provoqué une mortalité élevée et une hausse des exploitations forcées. Les épicéas et les hêtres dans des stations sensibles au climat ont particulièrement souffert. Les forêts très structurées et les peuplements mélangés riches en essences s'adaptent mieux aux changements climatiques. Il en résultera des modifications qualitatives et quantitatives de l'offre en bois. Les jeunes arbres d'aujourd'hui seront la forêt de demain. Pour conserver des forêts résilientes avec une régénération viable, la diversité structurelle doit être activement soutenue. L'adaptation aux changements climatiques, par exemple à l'aide d'essences et de structures forestières appropriées, pose un défi qu'il s'agit de maîtriser. Car seule une forêt capable de s'adapter pourra encore fournir à l'avenir ses diverses prestations.

1.1 Surface forestière

Roberto Bolgè, Fabrizio Cioldi, Cristiana Maineri

- L'aire forestière n'a que légèrement augmenté durant la dernière décennie. Elle s'est surtout étendue en altitude, à la place de l'exploitation agricole.
- Les forêts occupent environ un tiers du territoire suisse, soit 1,3 million d'ha. Le taux de boisement est particulièrement élevé dans le sud des Alpes, où il atteint 55 %. Sur le Plateau, très peuplé, il est d'environ 24 %.
- La conservation de l'aire forestière et de sa répartition spatiale restera un défi dans les régions où le sol est très convoité, comme le Plateau ou en fond de vallée.

Figure 1.1.1

La limite de la forêt au-dessus de Grächen (VS). La forêt a continué de s'étendre dans l'espace alpin entre 2013 et 2022, mais plus faiblement que durant les précédentes décennies. Photo : Roberto Bolgè



Répartition de la surface forestière en Suisse

La forêt s'étend sur 1,3 million d'ha et couvre 32 % du territoire national, avec des différences régionales très marquées. Ainsi, le taux de boisement est particulièrement élevé dans le sud des Alpes, où il atteint près de 55 %. Suivent le Jura (40 %), les Préalpes (35 %) et les Alpes (28 %). C'est sur le Plateau, très peuplé, qu'il est le plus bas, à environ 24 %. Il varie en outre selon l'altitude. Les forêts poussent en majorité entre 600 et 1800 m d'altitude, avec des taux de boisement très élevés au-delà de 1000 m. Dans le sud des Alpes, des zones sont déjà boisées à plus de 80 % à partir de 600 m. Aujourd'hui, 61 % de la surface forestière suisse est constituée de forêts de résineux et 39 % de forêts de feuillus (Abegg et al. 2023).

Évolution de la surface forestière

Depuis plus de 150 ans, l'aire forestière augmente en Suisse. Durant la dernière décennie, elle s'est accrue de 23 000 ha (0,2 % par an). C'est nettement moins que lors des décennies précédentes. Si la surface de forêt est restée constante dans le Jura, sur le Plateau et dans les Préalpes, elle a progressé de 0,4 % par an dans les Alpes, et de 0,3 % dans le sud des Alpes (Abegg et al. 2023). Près de 75 % de cette extension s'est faite à plus de 1400 m d'altitude, en particulier sur des terrains abandonnés par l'agriculture. La Confédération soutient par des paiements directs le maintien d'un paysage rural ouvert et l'exploitation de terres agricoles de qualité, créant ainsi des conditions qui permettent de lutter contre l'extension de la surface forestière.

Des forêts sont aussi transformées par les changements d'affectation, notamment dans des régions où le sol est très convoité. Selon la statistique des défrichements, 166 ha de forêt ont été défrichés en moyenne annuelle entre 2013 et 2022 (OFEV, indicateur Forêt et bois). En 2022, des autorisations de défrichement ont été délivrées pour l'extraction de matériaux (40 %), des corrections de cours d'eau (26 %) et des projets de transports (11 %). La plupart ont été compensés par une surface forestière de qualité

équivalente, mais d'autres compensations sont possibles. Les cantons peuvent remplacer les reboisements par des mesures de protection de la nature et du paysage, s'ils ont défini dans leur aménagement du territoire des zones où la forêt peut s'étendre. Ils ont aussi la possibilité de fixer une limite statique à la forêt hors des zones à bâtir pour éviter qu'elle s'étende dans certaines régions. Ces dernières doivent être contrôlées p. ex. lors de révisions du plan directeur, et adaptées au besoin. Avec ces mesures, les cantons peuvent intervenir dans le développement de la forêt si le principe de conservation inscrit dans la loi sur les forêts (art. 3) n'est plus respecté.

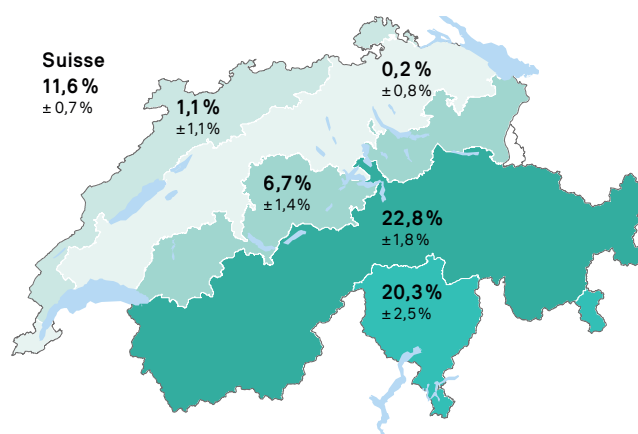
Jusqu'ici, les instruments de conservation de la forêt fondés sur l'interdiction de défricher et des possibilités de dérogations dans des conditions bien définies ont rempli leur mission. Bien que la forêt soit sous pression, en particulier sur le Plateau, sa surface a été maintenue au fil des décennies (fig. 1.1.2). Mais cette pression devrait s'intensifier au vu de l'important besoin de surfaces pour les bâtiments et infrastructures et de la concurrence accrue dans l'utilisation du territoire. Il est donc prématuré d'affirmer que l'aire forestière sera aussi conservée à l'avenir. La mise en œuvre des mesures de coordination de l'aménagement du territoire et de la planification forestière, y compris la garantie de la conservation de la forêt, sera un défi difficile mais de plus en plus important.

Fonctions de la forêt et prestations forestières

L'importance de la forêt apparaît non seulement dans son étendue par rapport à d'autres éléments du paysage, mais aussi dans les diverses fonctions et prestations qu'elle fournit à la population (point 3.4). Outre le fait de produire du bois, elle protège les agglomérations et les infrastructures des glissements de terrain, des chutes de pierres, des avalanches, du charriage et des apports de bois flottant dans des cours d'eau, elle offre un habitat à une multitude d'espèces animales et végétales, filtre l'eau de pluie pour l'approvisionnement en eau potable, stocke du carbone et sert d'espace de détente et de loisirs. Toutes les activités en forêt et les exigences envers la forêt sont coordonnées par les instruments de la planification forestière (point 3.5). Les intérêts toujours plus divers sont définis comme des fonctions et des prestations forestières (OFEV 2022a ;

Figure 1.1.2

Évolution de la surface forestière dans les cinq régions de production et sur l'ensemble de la Suisse entre 1983 et 2022.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

point 3.4). Les premières sont inscrites dans la Constitution en tant que fonctions protectrice, économique et sociale (art. 77, al. 1). La Confédération et les cantons doivent veiller à ce que les forêts puissent les remplir. En phase avec la politique de la Confédération, les cantons suivent le principe de multifonctionnalité voulant que la forêt assure plusieurs fonctions et prestations sur la même surface.

Au niveau suisse, la protection contre les dangers naturels prime les autres fonctions sur 44 % de l'aire forestière (Abegg et al. 2023). Dans les Alpes et le sud des Alpes, elle est de loin la fonction la plus importante. La production de bois, particulièrement fréquente dans le Jura et sur le Plateau, est prioritaire sur 38 % de l'aire forestière suisse. Sur 13 % de celle-ci, la priorité est donnée à des domaines de protection tels que la protection de la nature et du paysage, de la faune sauvage ou de l'eau potable. Bien que la détente ne soit une fonction prioritaire que sur 2 % de l'aire forestière, la population peut se détendre et se ressourcer dans la grande majorité des forêts suisses (Abegg et al. 2023). Les forêts proches d'agglomérations sont aussi très importantes pour les espaces non construits et l'infrastructure verte des communes.

1.2 Volume de bois

Fabrizio Cioldi, Marjo Kunnala

- Au niveau suisse, le volume de bois est resté constant durant la dernière décennie, mais il a évolué de façon variable selon les régions. Ainsi, il a augmenté de 12 % dans le sud des Alpes et de 7 % dans les Alpes, alors qu'il a diminué de 5 % sur le Plateau et de 3 % dans le Jura.
- Le volume total des arbres vifs dans la forêt suisse s'élève à 420 millions de m³, soit 347 m³ par ha. Il est constitué à 68 % de résineux et à 32 % de feuillus.
- Les changements climatiques auront une grande influence sur l'évolution du volume de bois et la composition future en essences. Dans le Jura et sur le Plateau, les reculs du volume consécutifs à la mortalité accrue et aux exploitations forcées devraient se poursuivre.

12 cm se trouvant dans les placettes IFN sont mesurés. Une distinction est faite entre le volume des arbres vifs (volume de bois) et des arbres morts (volume de bois mort). La somme donne le volume total de bois. Selon une évaluation intermédiaire de l'IFN5 (2018-2022), le volume total de bois en Suisse s'élève à 459 millions de m³ (Abegg et al. 2023), dont 39 millions (8 %) sous forme de bois mort (point 4.5). Le volume de bois mort a augmenté d'un tiers durant la dernière décennie.

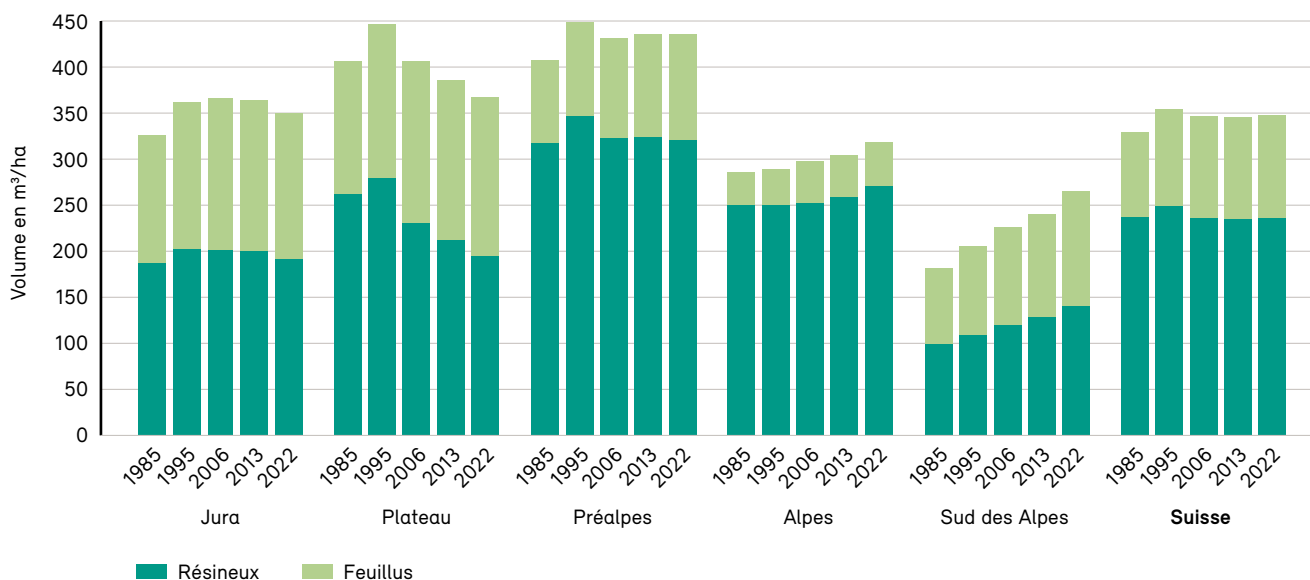
Le volume de bois des arbres vifs est d'environ 420 millions de m³ (Abegg et al. 2023). Rapporté à la surface, il est en moyenne de 347 m³ par ha (fig. 1.2.1). Dans l'ensemble, le volume de bois est resté stable en Suisse depuis l'IFN4 (2009-2013), avec toutefois des changements au niveau régional. Ainsi, il a augmenté dans les Alpes (+ 7 %) et le sud des Alpes (+ 12 %), d'une part parce qu'on y a moins récolté de bois qu'il n'en est repoussé, d'autre part parce que la forêt a recolonisé des terres agricoles abandonnées. Dans le Jura (- 3 %) et sur le Plateau (- 5 %) à l'inverse, il a diminué, surtout en raison

Évolution du volume de bois

Le volume des arbres en Suisse est régulièrement relevé dans l'Inventaire forestier national (IFN). Tous les arbres sur pied ou à terre d'un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) d'au moins

Figure 1.2.1

Évolution du volume de bois de feuillus et de résineux dans les cinq régions de production et dans l'ensemble de la Suisse (y c. extension de la surface forestière).



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

d'une hausse de la mortalité des arbres et des exploitations forcées causées par la sécheresse, des maladies ou des infestations de scolyte (point 2.5).

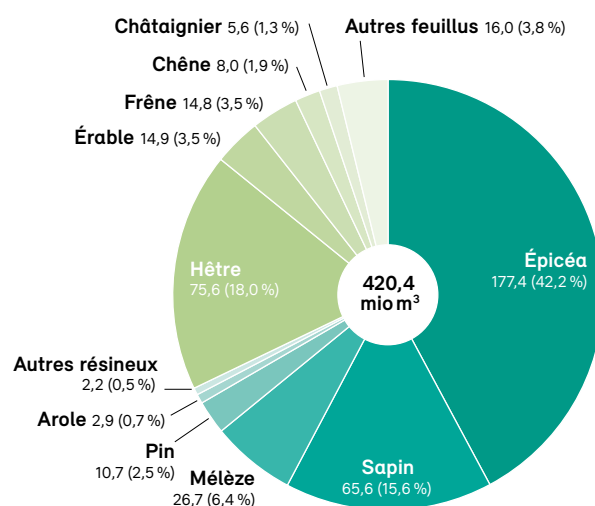
Parts de volume des essences et évolutions régionales

Le volume de bois dans la forêt suisse est composé à 68 % de résineux et à 32 % de feuillus. L'épicéa vient en tête, avec une part de 42 % (fig. 1.2.2 ; Abegg et al. 2023). C'est la première essence en volume dans toutes les régions sauf le Jura. Dans les Alpes, son volume a augmenté de 6 % durant la dernière décennie, alors qu'il a diminué de 15 % sur le Plateau et de 10 % dans le Jura. La deuxième essence en volume au niveau suisse est le hêtre (18 %). C'est même la première dans le Jura (31 %), bien que son volume y ait reculé de 7 %. Sur le Plateau, le hêtre occupe la deuxième place en volume (26 %). Celui-ci a augmenté de 20 % dans le sud des Alpes, et de 8 % dans les Alpes. Avec une part de 16 %, le sapin blanc vient en troisième position au niveau suisse. Son volume est relativement élevé surtout dans le Jura et les Préalpes. Dans les Préalpes et le sud des Alpes, il s'est accru de resp. 9 % et 18 %.

Le mélèze occupe la quatrième place en volume de bois au niveau suisse (6 %). Sa part a fortement augmenté dans les Alpes et le sud des Alpes. L'érable sycomore est la seule essence dont le volume a sensiblement augmenté dans toutes les régions, à raison de 19 % en moyenne. Au niveau suisse, il représente 4 % du volume de bois, selon l'IFN. C'est ainsi – avec le frêne – la deuxième plus importante essence feuillue en volume après le hêtre. Le volume de frêne a fortement reculé (– 10 %) en raison du dépérissement des pousses du frêne (Rigling et al. 2016). Les parts de volume d'autres essences, comme le pin et le chêne, sont encore plus basses au niveau suisse, avec resp. 3 % et 2 %. Le châtaignier pousse presque exclusivement dans le sud des Alpes, où il constitue une part importante des essences (13 %). Cependant, pour la première fois depuis le début des relevés de l'IFN, son volume n'a pas augmenté durant la dernière décennie. L'accroissement, dû à une très faible intensité d'exploitation, a été neutralisé par une hausse de la mortalité consécutive à des maladies, à des infestations d'insectes, à des épisodes de sécheresse et à un manque de soins (Prospero et al. 2012, Gehring et al. 2020, Conedera et al. 2010).

Figure 1.2.2

Volume de bois (en millions de m³) et parts du volume (en %) des essences les plus fréquentes.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

Composition en essences

Les extrêmes climatiques ont déjà un impact visible sur la forêt (point 2.5). Ils peuvent modifier, à des degrés divers selon la région de production, la composition en essences et les volumes de bois. À basse altitude, où l'épicéa a beaucoup souffert comme essence non conforme à la station, il est probable que les forêts s'enrichiront en essences feuillues. Le bois d'épicéa, très demandé par le marché, devra donc être plus souvent cherché en altitude dans des terrains moins praticables, ce qui renchérra encore les coûts de récolte. Par ailleurs, il faut s'attendre à ce que le volume de bois baisse globalement sur le Plateau et dans le Jura, car la proportion d'épicéa, premier touché par le recul, y est plus élevée que celles de feuillus mieux adaptés à la station. Du point de vue du développement durable de la forêt, l'évaluation du recul du volume doit être nuancée. Il aura une influence positive sur des critères écologiques comme la diversité des espèces ligneuses et des structures, mais réduira la disponibilité d'essences économiquement importantes comme l'épicéa.

1.3 Structure d'âge et structure des peuplements

Barbara Allgaier Leuch, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Marjo Kunnala

- La part de peuplements âgés et de gros arbres a augmenté durant la dernière décennie, ce qui est favorable à la biodiversité. En revanche, les jeunes peuplements et la régénération font de plus en plus défaut. Les fonctions de protection et de production de bois de la forêt pourraient en souffrir.
- Du point de vue économique, la forêt suisse est trop vieille dans sa structure d'âge. Du point de vue écologique, elle manque au contraire de vieux peuplements et de gros arbres. Cependant, les structures des peuplements sont souvent variées.
- Au vu des changements climatiques, il importe d'accroître encore cette diversité, car des forêts très structurées avec une régénération suffisante sont moins vulnérables et plus vite capables de fournir à nouveau leurs prestations après des perturbations.

Structure d'âge des peuplements

La structure d'âge de la forêt est importante pour l'évaluation écologique et économique d'un peuplement. Les critères appliqués diffèrent selon la perspective. Du point de vue écologique, la structure d'âge optimale se base sur l'espérance de vie naturelle des peuplements forestiers. Elle est de 220 à 250 ans pour des peuplements de hêtre sur le Plateau, et de 300 à 400 ans pour des peuplements d'épicéa dans les Alpes. Mais certains arbres peuvent devenir bien plus âgés (Brang et Zingg 2002 ; Brang et Duc 2002). Du point de vue économique, la structure d'âge se fonde sur une révolution économiquement optimale, donc sur l'âge où le produit du bois vendu est maximal. Les révolutions optimales calculées dans l'IFN pour les essences principales vont de 120 à 180 ans, suivant la qualité de la station (Bachofen et al. 1988). Elles sont donc souvent deux fois plus courtes que l'espérance de vie naturelle d'un peuplement.

L'IFN fournit des données sur l'âge des peuplements. Mais une évaluation pertinente n'est possible que pour les peuplements équiennes. Ceux-ci ont été rajeunis sur toute leur surface, en Suisse le plus souvent par coupes progressives à petite échelle avec régénération naturelle (point 4.2). Sur l'ensemble du pays, 75 % des peuplements

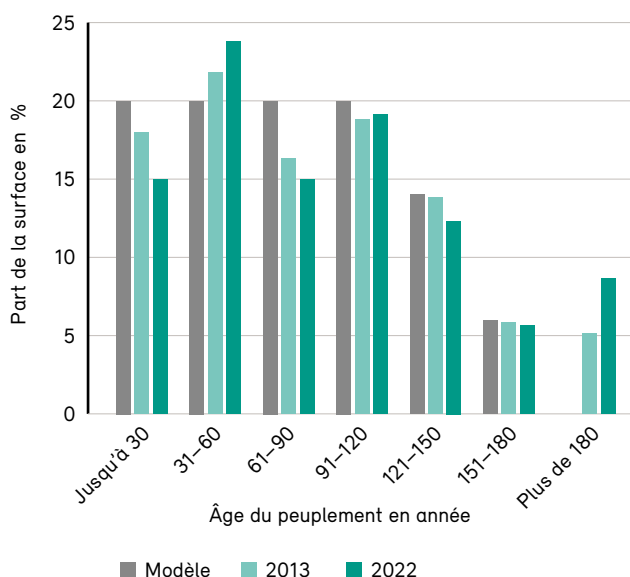
sont équiennes (Abegg et al. 2023). Près de 10 % d'entre eux ont plus de 180 ans (fig. 1.3.1). Ceux-ci se trouvent surtout dans les Alpes (15 %) et sont rares sur le Plateau (moins de 1 %) sur le Plateau. Bien que la part de peuplements âgés ait augmenté partout sauf sur le Plateau durant la dernière décennie, les forêts suisses sont encore trop jeunes du point de vue écologique. En revanche, selon le critère de la révolution optimale pour l'exploitation économique du bois, de plus en plus de peuplements sont trop vieux (fig. 1.3.1). Comme la part de jeunes peuplements diminue parallèlement, le renouvellement nécessaire tant pour la production de bois (point 3.1) que pour la protection contre les dangers naturels (point 5.1) fait défaut.

Répartition des diamètres des arbres

Les forêts jardinées ou permanentes comprennent des arbres d'âges très variables. L'âge du peuplement y est donc peu significatif. Pour déterminer si la structure d'un peuplement est durable pour la production du bois, on se base ici sur la répartition des diamètres des arbres.

Figure 1.3.1

Parts de surface des classes d'âge dans la forêt équienne en 2013 et en 2022, comparées au modèle avec des révolutions optimales.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

Celui-ci est mesuré à 1,3 m du sol (diamètre à hauteur de poitrine, DHP). La répartition visée se fonde sur le diamètre optimal d'exploitabilité, à savoir le diamètre auquel l'entreprise forestière souhaite récolter les arbres (Schütz 2002). Le relevé du diamètre fournit en outre des indications importantes sur le potentiel d'habitat des arbres (point 4.5) et les possibilités de transformation du bois, et cela aussi pour les forêts équiennes.

Sans surprise, les arbres de petit diamètre sont bien plus nombreux que les gros dans la forêt suisse, car la plupart des arbres meurent ou sont abattus avant d'être âgés et imposants (Brändli et Ciolli 2015). Parmi les arbres vifs (> 0 cm DHP), 95 % ne dépassent pas 30 cm de diamètre (Abegg et al. 2023). Ces arbres minces sont plus représentés dans les feuillus, la part de gros arbres étant plus élevée dans les résineux. Les feuillus imposants sont très rares. En effet, beaucoup d'essences feuillues, comme le bouleau, le charme ou le sorbier des oiseleurs, ne deviennent par nature pas très grosses. En outre, la plupart des forêts de feuillus poussent à basse altitude, où elles sont exploitées intensivement et où les arbres sont donc abattus « prématurément ».

Les scieries privilégient les arbres d'un DHP de 31-60 cm, car leurs tiges permettent d'obtenir au moins une pièce de bois rond de classe 2 (20-29 cm de diamètre au milieu) à 5 (50-59 cm de diamètre au milieu). Les arbres d'un DHP supérieur à 60 cm sont déjà nettement plus difficiles à transformer. Or ces arbres, bien que peu nombreux (4 %), constituent 22 % du volume de bois. Du point de vue de la production et transformation du bois, il conviendrait donc de réduire le diamètre optimum d'exploitabilité et donc les révolutions dans les forêts exploitées.

D'un point de vue écologique en revanche, plus les arbres sont gros, plus ils sont précieux pour la biodiversité, car ils servent d'habitats à de nombreuses espèces animales et végétales (point 4.5). Les arbres d'un DHP supérieur à 80 cm, dits géants, sont particulièrement précieux. Ils sont certes beaucoup plus rares dans les forêts suisses que dans les forêts naturelles et primaires d'Europe centrale

(Heiri et al. 2012). Cependant, le nombre de géants et d'arbres d'un DHP supérieur à 60 cm a augmenté dans toutes les parties du pays durant la dernière décennie, alors que le nombre de tiges de classes de diamètres inférieurs a diminué. La conservation des arbres-habitats est un aspect important de la sylviculture proche de la nature (OFEV 2010).

Structure des peuplements

Outre la structure d'âge, la structure spatiale d'un peuplement, soit sa constitution verticale et horizontale et la répartition des essences, est aussi importante économiquement et écologiquement pour le développement de la forêt. Face à la hausse des perturbations liées aux changements climatiques, les forêts très structurées disposant partout d'un peu de régénération peuvent être considérées comme favorables, les forêts uniformes sans régénération comme défavorables, surtout pour les forêts protectrices (point 5.1). En outre, les peuplements richement structurés offrent des habitats diversifiés sur de petits espaces et favorisent ainsi la biodiversité (point 4.3).

La forêt suisse est dominée principalement par trois essences : l'épicéa, le hêtre et le sapin. Cependant, les peuplements purs (avec une seule essence) n'occupent que 16 % de l'aire forestière. Environ un quart des peuplements sont constitués resp. de deux, trois, ou quatre essences et plus. Les peuplements purs sont plus fréquents dans les Alpes et le sud des Alpes, et là surtout à des altitudes élevées où ne poussent naturellement que quelques essences. En revanche, ils sont rares dans le Jura et sur le Plateau. Durant la dernière décennie, leur part a également reculé dans les Alpes et le sud des Alpes ainsi qu'en moyenne suisse (fig. 1.3.2).

Dans leur structure verticale, 36 % des peuplements en Suisse n'ont qu'une seule strate (Abegg et al. 2023). Les arbres y ont tous à peu près le même âge et la même dimension. Ces peuplements sont particulièrement nombreux dans les Alpes, les Préalpes et le sud des Alpes (fig. 1.3.2). Durant la dernière décennie, leur part a encore augmenté dans les Préalpes et le sud des Alpes.

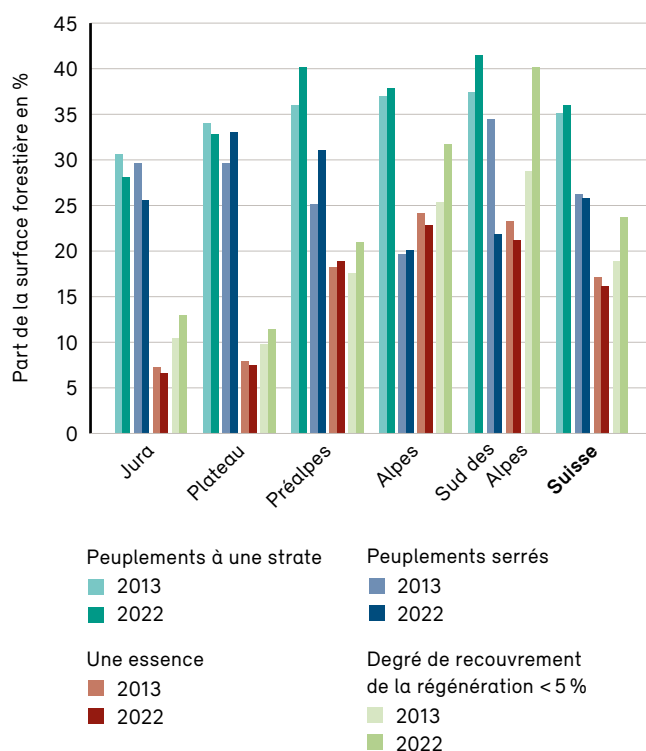
S'agissant de la structure horizontale de la forêt, un quart des peuplements sont constitués d'arbres comprimés, aux couronnes raccourcies et déformées par les contacts. Ces peuplements sont vulnérables aux tempêtes et au poids de la neige. En outre, le peu de lumière qui parvient jusqu'au sol ne permet pas aux jeunes arbres de pousser. En altitude, la régénération est perturbée même si les peuplements sont moins denses, car sous ce climat rigoureux, les jeunes arbres ont besoin non seulement de la lumière mais aussi de la chaleur du soleil pour se développer. Au niveau suisse, la part de peuplements comprimés n'a pas changé. Elle a augmenté sur le Plateau, mais diminué dans le Jura et le sud des Alpes (fig. 1.3.2).

Régénération

Face aux changements climatiques, les régénérations dites sous abri (les jeunes arbres poussent sous le couvert de la strate supérieure) et par petites trouées prendront une importance accrue. Ces peuplements sont plus résilients, car ils peuvent se renouveler plus vite après une perturbation. Mais depuis deux décennies, la tendance évolue dans la mauvaise direction. Ainsi, la part de surface forestière avec un faible degré de recouvrement de la régénération (moins de 5 %) a augmenté en moyenne suisse, surtout dans les Alpes et le sud des Alpes. Sur l'ensemble du pays, 24 % de la surface forestière n'a presque pas de régénération, et cette part atteint même 32 % dans les Alpes et 40 % dans le sud des Alpes (point 4.2).

Figure 1.3.2

Parts de surface d'une sélection de caractéristiques structurales dans les cinq régions de production et sur l'ensemble de la Suisse, 2013 et 2022.



Source : IFN

Hormis le degré de recouvrement de la régénération, les caractéristiques structurales des peuplements ont peu changé durant la dernière décennie. En raison de l'espérance de vie élevée des arbres, les transformations sont lentes en forêt lorsque les peuplements ne subissent pas de perturbations à grande échelle. En outre, les processus s'équilibrent souvent entre les différentes régions. Malgré cela, l'évolution a été défavorable surtout dans le sud des Alpes, où les peuplements à une strate et les forêts pauvres en rajeunissement ont augmenté. Ici, mais aussi dans les autres régions de Suisse, la promotion de la diversité structurale et de la régénération doit encore être intensifiée, afin que la forêt puisse continuer de fournir ses prestations malgré le changement rapide du climat.

1.4 Réserves de carbone

Nele Rogiers, Frank Hagedorn, Esther Thürig

- Les réserves de carbone absolues de la biomasse forestière sont restées quasi constantes durant la dernière décennie.
- Avec 269 tonnes de carbone par hectare (t C/ha), la forêt suisse contient les stocks relatifs les plus élevés d'Europe. Environ 119 t C/ha sont stockées dans les arbres vifs, et 150 t C/ha dans le bois mort, l'horizon organique et le sol.
- La forêt et l'utilisation du bois devront encore contribuer à l'avenir à la gestion des changements climatiques. Seules des forêts résilientes et adaptées au climat peuvent le garantir.

Réserves de carbone dans la biomasse forestière

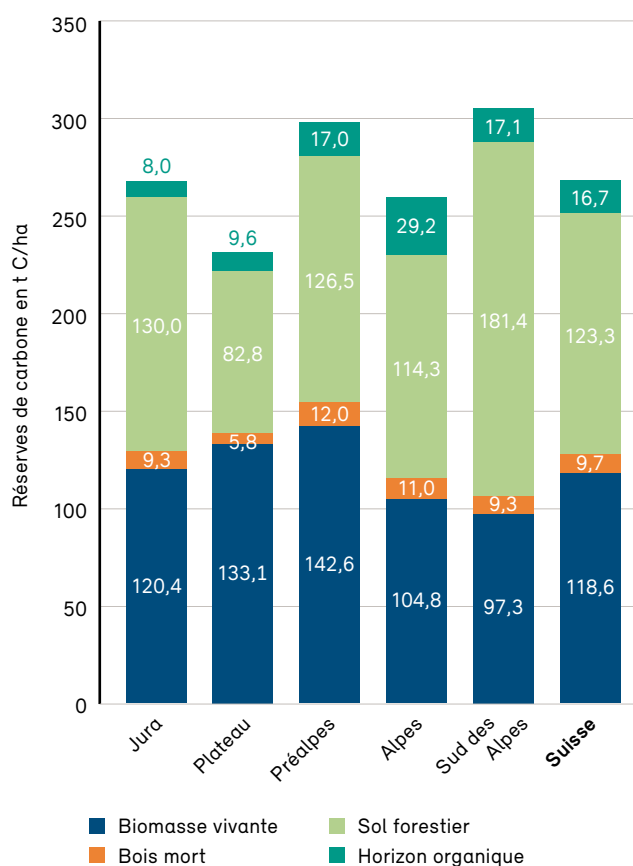
Les forêts jouent un rôle important dans le cycle global du carbone. Le carbone (C) fixé dans la biomasse forestière est contenu dans la biomasse des arbres vifs, le bois mort, l'horizon organique et les sols. Le carbone de la biomasse vivante et du bois mort est calculé à partir de données de l'IFN. S'agissant des arbres vifs, le carbone contenu dans les différentes parties est additionné : tige, grosses branches de plus de 7 cm, branches fines, feuilles, aiguilles et racines (Herold et al. 2019, Didion et al. 2019). La teneur en C de la biomasse vivante et morte est calculée sur la base d'une teneur en C de 50 % de la biomasse sèche.

Selon ces calculs, la forêt suisse stocke environ 144 millions de tonnes de carbone dans la biomasse des arbres vifs. Ces réserves absolues sont restées quasi constantes durant la dernière décennie. Rapportée à la surface, la quantité moyenne de carbone stockée par les arbres vifs est de 119 t C/ha. La quantité de biomasse vivante est toutefois très variable selon les régions. Les forêts ayant les plus importants stocks de carbone dans la biomasse vivante rapportés à la surface se trouvent dans les Préalpes (fig. 1.4.1). Les conditions de croissance y sont optimales, et comme les coûts de récolte en terrain escarpé sont souvent élevés, on tend à y prélever moins de bois que p. ex. sur le Plateau (point 3.1). C'est dans le sud des Alpes que les stocks relatifs de carbone dans la biomasse vivante sont les plus faibles. Bien que l'exploitation de bois y soit aussi inférieure à la moyenne, une partie de ces forêts sont assez jeunes et présentent le plus faible accroissement en bois.

Le bois mort retient le carbone jusqu'à sa décomposition complète. En moyenne, il fixe près de 10 t C/ha. La proportion de bois mort a augmenté de 38 % en Suisse durant la dernière décennie. C'est dans le Jura qu'elle a le plus progressé (+ 50 %). La quantité relative de carbone dans le bois mort est supérieure à 9 t C/ha dans toutes les régions sauf sur le Plateau (fig. 1.4.1).

Figure 1.4.1

Quantité de carbone en tonnes par hectare (t C/ha) stocké resp. dans la biomasse des arbres vifs (biomasse vivante), le bois mort, le sol forestier et l'horizon organique sur la période de l'IFN5 (2018-2022) dans les cinq régions de production et pour l'ensemble de la Suisse.



Source : IFN, Nussbaum et al. 2012, Nussbaum et Burgos 2021

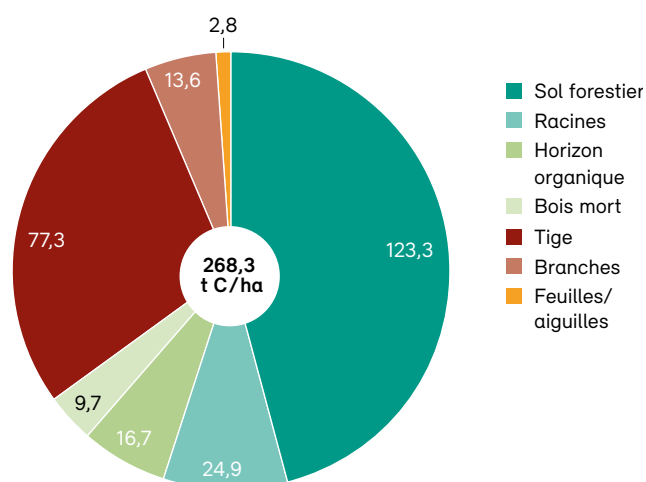
Réserves de carbone dans les sols forestiers

Le sol est le plus gros réservoir de carbone en forêt. Selon une analyse de plus de 2000 profils pédologiques représentatifs des conditions stationnelles hétérogènes de la Suisse, les sols forestiers minéraux (y c. horizon organique) stockent 140 t C/ha en moyenne, soit plus que la biomasse vivante (fig. 1.4.2). Les sols forestiers de Suisse sont environ 50 % plus riches en carbone que ceux d'autres pays d'Europe centrale (Wiesmeier et al. 2013). Cela s'explique par le climat frais et humide, la sylviculture proche de la nature, et l'âge relativement élevé des forêts suisses en comparaison européenne. Jusqu'à 30 cm de profondeur, les sols forestiers organiques contiennent encore plus de carbone par surface (147 t C/ha) que les sols forestiers minéraux. Ils ne jouent toutefois qu'un rôle secondaire, seule 0,3 % de la forêt poussant sur ce type de sols.

Les teneurs en carbone des sols augmentent avec l'altitude en raison du climat plus frais et plus humide (fig. 1.4.3). Les réserves proportionnellement les plus élevées par hectare se trouvent dans les sols minéraux des forêts du sud des Alpes (fig. 1.4.1). Elles peuvent s'expliquer par les résidus des incendies de forêt des siècles derniers et par les fortes teneurs en minéraux de fer et d'aluminium, qui protègent l'humus de la décomposition par les micro-organismes.

Figure 1.4.2

Réserves de carbone en tonnes par hectare (t C/ha) dans la biomasse des arbres vifs (tige, branches, feuilles/aiguilles, racines), le bois mort, l'horizon organique et les sols sur la période de l'IFN5 (2018-2022).



Sources : IFN, Nussbaum et al. 2012, Nussbaum et Burgos 2021

Bilan de CO₂ en forêt

Pendant leur croissance, les arbres captent du CO₂ de l'air et fixent le carbone dans la biomasse. Quand celle-ci se décompose ou est brûlée, du CO₂ se forme à nouveau et est rejeté dans l'atmosphère. Lorsqu'une forêt absorbe plus de CO₂ qu'elle n'en rejette, elle est un puits de carbone. Dans le cas contraire, elle est une source de carbone. Le bilan de CO₂ d'un sol forestier et de son horizon organique dépend des conditions climatiques, des essences et des propriétés physico-chimiques du sol. Les changements climatiques (réchauffement et sécheresse) et les perturbations naturelles (tempêtes, scolyte, incendies de forêt) peuvent entraîner une hausse des émissions de CO₂ de la biomasse et des sols forestiers.

Accord international sur le climat

Depuis le XIX^e siècle, les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté d'un bon tiers et provoqué une modification du climat (IPCC 2023). En signant l'Accord de Paris, la Suisse s'est engagée au niveau international à diminuer les émissions de gaz à effet de serre de 50 % par rapport à 1990 d'ici à 2030. En vertu de cet accord, toutes les parties contractantes rendent compte du bilan de CO₂ dans la forêt et les produits en bois à longue durée de vie. Le bilan de CO₂ est calculé sur la base des données de l'IFN. Ces 40 dernières années, les forêts suisses ont été un puits de carbone du fait de l'augmentation du volume de bois (point 1.2) et de l'extension de la surface (point 1.1). Des événements extrêmes peuvent transformer localement ces puits en sources. Ainsi, la tempête Lothar de 1999 a détruit en quelques heures des peuplements qui avaient stocké près de 15 millions de t de CO₂ dans la biomasse vivante (Rogiers et al. 2015). Cependant, une majeure partie de ce bois a été utilisé dans la construction et n'a donc pas eu d'impact immédiat sur l'atmosphère.

Importance de la forêt comme puits de carbone

La Suisse devait réduire ses émissions de CO₂ de 15,8 % en moyenne par rapport à 1990 sur la deuxième période d'engagement du Protocole de Kyoto (2013-2020). Cet objectif a pu être atteint en tenant compte de l'effet de puits du secteur de la forêt et du bois et de l'achat de certificats de réduction des émissions. Sur cette période, le bilan de CO₂ du secteur de la forêt et du bois a été décompté par rapport à une valeur de référence de 1,8 million de t de CO₂. Par conséquent, sur un effet de puits total de la forêt

suisse de 2,5 millions de t de CO₂ par an, seul un volume de 0,7 million de t a ainsi pu être pris en compte.

Du point de vue de la politique forestière, l'augmentation de l'effet de puits n'est souhaitable que si les autres fonctions de la forêt suisse n'en souffrent pas et que son développement durable reste garanti. Selon la politique suisse actuelle, la forêt et l'utilisation du bois doivent contribuer à atténuer les changements climatiques. Il convient d'évaluer au cas par cas si une augmentation des stocks de carbone en forêt, p. ex. dans des forêts adaptées au climat, des réserves forestières naturelles ou d'anciennes surfaces forestières défrichées, est pertinente. Des forêts résilientes, adaptées au climat sont une condition de base pour maintenir un bilan de CO₂ durable.

Figure 1.4.3

Sol d'une forêt de montagne contenant une importante réserve de carbone dans l'horizon organique. Photo : Marco Walser



2

Santé et vitalité

Pins sylvestres dans le bois de Finges (VS) : en raison de la sécheresse croissante, le taux de mortalité de cette essence augmente en Valais depuis 1996.

Photo : Marcus Schaub







NO_x

O_3

NH_y

2 Santé et vitalité

Marcus Schaub, Stefan Beyeler

La santé et la vitalité des forêts sont un bien précieux, mais qui peut être menacé par les influences environnementales. Les changements climatiques font pression sur la forêt. En Suisse, la température annuelle moyenne a augmenté de 2 °C par rapport à l'époque préindustrielle. Les polluants atmosphériques azotés et l'ozone continuent de dépasser les charges critiques et peuvent rendre les forêts encore plus vulnérables à la sécheresse. Les événements extrêmes tels que vagues de chaleur, grêle, tempêtes et incendies de forêt se multiplient. Leurs répercussions sur la forêt sont nombreuses. Le débourrement précoce, le risque de gel et le manque d'eau affectent la vitalité des arbres, à savoir leur capacité de s'adapter et de se concurrencer mutuellement. Le hêtre, le sapin et l'épicéa sont particulièrement touchés. Les forêts deviennent plus vulnérables aux infestations d'insectes et aux maladies, un nombre grandissant d'arbres meurent, parfois à grande échelle. La mondialisation des échanges commerciaux favorise l'introduction d'organismes exotiques nuisibles pouvant présenter un danger considérable pour l'écosystème forestier. Pour empêcher leur propagation, il est essentiel de les identifier précocement. D'autres mesures peuvent soutenir la capacité d'adaptation de la forêt, comme la plantation d'essences appropriées, la promotion de forêts mélangées adaptées à la station ou l'élargissement de la diversité génétique. Des plantations expérimentales soigneusement planifiées fournissent ici de précieux enseignements. Une compréhension approfondie des processus ainsi que des connaissances scientifiquement étayées sur la santé et la vitalité de la forêt sont nécessaires pour développer des mesures appropriées permettant une gestion durable. Ainsi, la forêt suisse pourra continuer de fournir à l'avenir ses prestations écosystémiques dans les nouvelles conditions climatiques.

2.1 Polluants atmosphériques

Sophia Etzold, Sabine Augustin, Sabine Braun, Anne Thimonier, Pierre Vollenweider, Peter Waldner, Marcus Schaub

- Les dépôts azotés dépassent les charges critiques sur près de 90 % de la surface forestière. Un apport excessif d'azote provoque des déséquilibres nutritifs dans le sol et la végétation et peut nuire à la biodiversité des plantes, des lichens et des organismes du sol.
- L'ozone troposphérique endommage les cellules photosynthétiques des feuilles. La dose d'ozone absorbée par les stomates a diminué chez le hêtre, mais reste supérieure à la valeur limite.
- Les immissions d'azote et d'ozone ont pu être réduites. Cependant, elles dépassent encore en bien des endroits les charges critiques, et peuvent affecter la croissance de la forêt et sa résistance à la sécheresse.

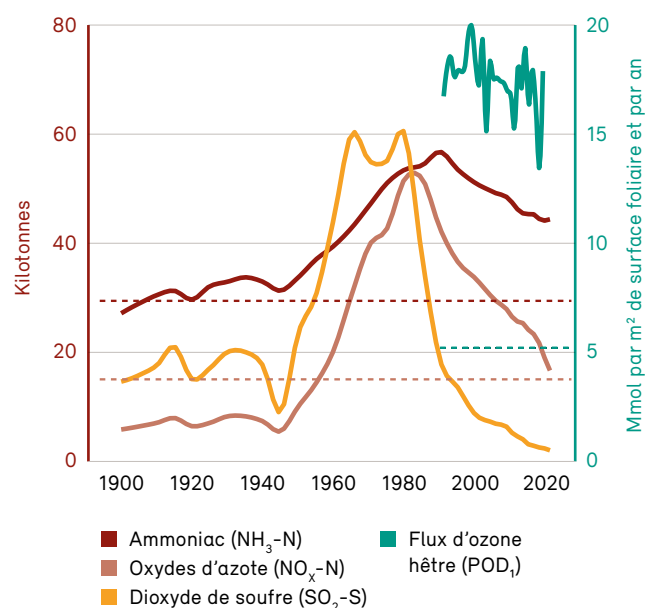
Charge d'azote

Grâce aux mesures de protection de l'air, les émissions polluantes sont en recul depuis 1980 (fig. 2.1.1). Pourtant, les objectifs de réduction du Conseil fédéral pour les émissions de polluants atmosphériques azotés comme l'ammoniac et les oxydes d'azote ne sont pas encore atteints. Aujourd'hui, environ deux tiers d'entre elles sont imputables à l'agriculture et un tiers à des processus de combustion dans les domaines des transports, du chauffage et de l'industrie. L'azote parvient dans la forêt sous forme de gaz, dans des aérosols ou dissous dans les précipitations. En tant que nutriment, il favorise d'abord la croissance des végétaux, mais en excès, il a des effets négatifs sur la forêt. En Suisse, les dépôts azotés dépassent sur près de 90 % de la surface forestière les charges critiques, appelées *critical loads* (fig. 2.1.2). Celles-ci définissent les quantités en deçà desquelles aucun effet nocif ne se manifeste sur l'environnement en l'état actuel des connaissances. Elles varient selon le peuplement. Elles sont de 10 à 15 kg d'azote par hectare et par an (kg N/ha/an) pour les forêts de feuillus, et de 3 à 15 kg pour celles de résineux (Bobbink et al. 2022). Dans la forêt suisse, les dépôts azotés sont de 20 kg N/ha/an en moyenne, mais dépassent par endroits 50 kg N/ha/an (Rihm et Künzle 2023).

Un excès d'azote contribue à l'appauvrissement et à l'acidification des sols forestiers (point 2.2). Les solutions du sol analysées depuis 1997 par l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB) confirment l'acidification croissante des sols due à une charge excessive d'azote (Braun et al. 2020a). En excès, l'azote perturbe aussi l'équilibre nutritif dans les arbres, en particulier du phosphore et du potassium, deux nutriments essentiels. Un recul du phosphore a été démontré dans les forêts européennes (Jonard et al. 2014, Talkner et al. 2015), y compris en Suisse (Braun et al. 2020b). Il diminue la résistance des arbres à la sécheresse, au gel et aux ravageurs (Bobbink et al. 2022). Les excès d'azote perturbent en outre la communauté symbiotique entre les arbres et les champignons mycorhiziens (Peter et al. 2001). Les

Figure 2.1.1

Émissions de polluants atmosphériques de 1900 à 2020 et évolution du flux d'ozone (POD_1) pour le hêtre (en vert). Les traitillés indiquent les valeurs cibles selon la stratégie de protection de l'air du Conseil fédéral de 2009 pour les NO_x et le NH_3 , et selon les charges critiques de la CEE-ONU pour l'ozone.



Sources : CEIP 2023, cartographie de l'ozone de Meteotest d'après Braun et al. 2014

mycorhizes colonisent les racines et jouent un rôle essentiel dans l’approvisionnement des arbres en nutriments et en eau du sol. L’augmentation de la charge d’azote réduit aussi bien la colonisation et la croissance des mycorhizes que leur composition en espèces (de Witte et al. 2017, Suz et al. 2021).

L’effet fertilisant de l’azote accélère dans un premier temps la croissance des arbres, qui est maximale avec un apport de 18 à 25 kg N/ha/an (Etzold et al. 2021). Cependant, cette hausse du taux de croissance modifie le rapport entre biomasse aérienne et souterraine ainsi que la structure interne du bois et affaiblit ainsi la résistance de l’arbre (Braun et al. 2023a). Des dépôts supérieurs à 30 kg N/ha/an freinent la croissance de l’arbre (Etzold et al. 2020). Cet effet est renforcé en cas de sécheresse simultanée (Braun et al. 2017). Une charge excessive en azote modifie aussi la composition et la diversité des espèces du sous-bois ainsi que des algues et des lichens en forêt. Les espèces nitrophiles, souvent fréquentes, s’étendent et évincent des espèces spécialisées, plutôt rares.

Charge d’ozone

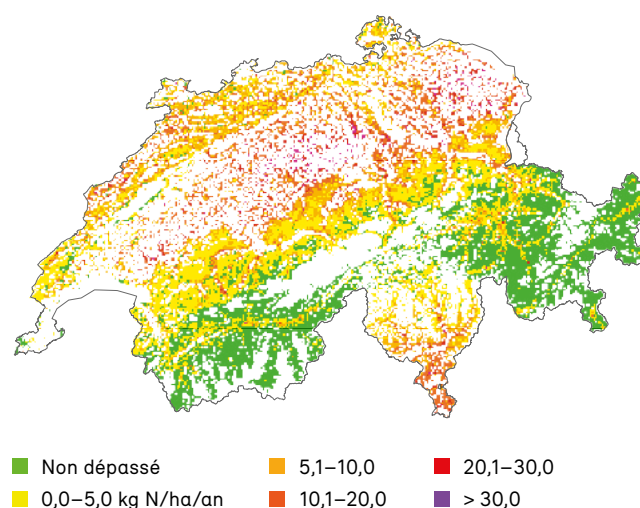
L’ozone est un gaz incolore et inodore dans l’atmosphère qui se forme à proximité du sol à partir d’oxydes d’azote et de composés organiques volatils (COV) en cas de rayonnement solaire intense. Il est toxique pour les plantes et les êtres humains. En Suisse, la valeur limite de 120 microgrammes par m³ pour la santé humaine est dépassée pendant plusieurs centaines d’heures par année (OFEV 2022b). Si les pics de concentration diminuent depuis 1980, la charge moyenne tend à augmenter. Les valeurs de loin les plus élevées de Suisse sont mesurées au Tessin.

L’ozone endommage les cellules photosynthétiques dans les feuilles. Celles-ci vieillissent prématurément, ce qui se manifeste par une décoloration du feuillage. D’autres symptômes caractéristiques de stress d’ozone sont de petits points sur les feuilles ou des marbrures sur les aiguilles. En outre, ce poison freine la croissance des arbres. Les données du WDB confirment une réduction de croissance substantielle consécutive à la charge d’ozone pour le hêtre et l’épicéa en Suisse (Braun et al. 2022).

L’ozone n’est nocif pour les plantes que lorsqu’il est absorbé par les stomates des feuilles. Ce n’est donc pas sa concentration atmosphérique, mais la dose absorbée accumulée – appelée flux d’ozone – qui est déterminante pour l’évaluation du risque. Le flux d’ozone dépend des conditions environnementales. En cas d’air sec et de faible disponibilité d’eau du sol, par exemple en été, la plante ferme les stomates pour éviter les pertes d’eau. Elle n’absorbe ainsi pas ou que très peu d’ozone même si la concentration dans l’air est élevée. Le flux d’ozone varie d’une essence à l’autre. Dans des expériences de fumigation, un seuil critique de 5,2 millimoles par mètre carré de surface foliaire et par an (mmol/m²/an) a été calculé pour le hêtre, à partir duquel la croissance de cette essence baisse de 4 % en moyenne. Pour l’épicéa, le seuil critique calculé est de 9,2 mmol/m²/an, avec une réduction de croissance de 2 % (CLRTAP 2017a). Pour le hêtre, le flux d’ozone tend à diminuer légèrement depuis 1991, mais reste clairement au-dessus du seuil critique (fig. 2.1.1).

Figure 2.1.2

Dépassement des charges critiques des dépôts atmosphériques azotés en kg d’azote par hectare et par an (kg N/ha/an), pour l’année 2020.



Source : OFEV 2023, Meteotest

2.2 Sols

Katrin Meusburger, Simon Tresch, Janine Schweier, Sabine Braun, Sabine Augustin, Stephan Zimmermann

- La fréquence accrue d'années sèches avec une disponibilité limitée en eau du sol affecte la forêt.
- L'acidification des sols consécutive à des dépôts excessifs d'azote s'est poursuivie. Elle entraîne une baisse de la disponibilité en nutriments basiques importants comme le calcium, le magnésium et le potassium, accompagnée d'une libération d'aluminium toxique.
- Une autre menace réside dans les atteintes physiques aux sols lors de la gestion des forêts, comme la compaction par des engins lourds. Des méthodes de gestion adéquates permettraient de les éviter.

Eau disponible dans les sols

Le sol est une base vitale pour la forêt et non renouvelable à l'échelle de temps humaine (Alewell et al. 2015). Le sol forestier fournit à la forêt de l'eau et des nutriments. Ces deux fonctions sont affectées par les changements climatiques, la pollution de l'air (point 2.1) et des atteintes physiques comme la compaction par les engins forestiers. Il est donc essentiel de protéger le sol.

L'eau disponible dans le sol a été très réduite durant les dernières années sèches (Meusburger et al. 2022). Le rapport entre évapotranspiration actuelle (T_a) et potentielle (T_p) est une mesure de la disponibilité en eau d'une végétation sur un site. Plus il est bas, plus l'évapotranspiration actuelle de la végétation est faible, signe d'un stress hydrique dû à une faible disponibilité en eau. Les années sèches de 2003, 2015, 2018 et 2022 ont provoqué un stress hydrique en particulier dans les vallées valaisannes, mais aussi dans l'arc jurassien, le Klettgau et au Tessin (fig. 2.2.1).

Disponibilité en nutriments et acidification du sol

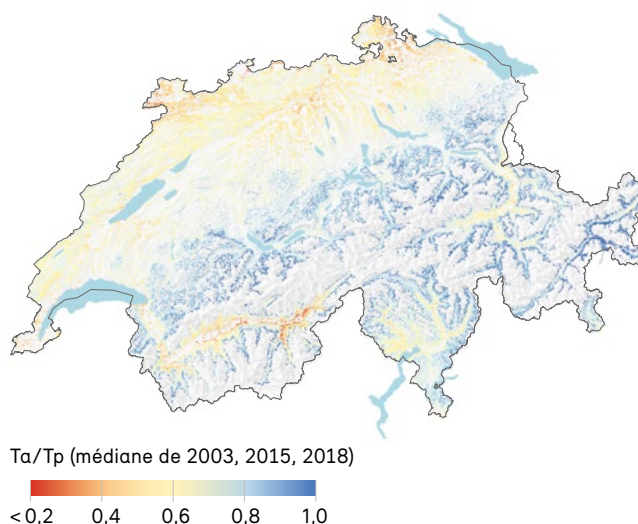
Un indicateur important de la disponibilité des nutriments dans le sol est la saturation en bases, à savoir le pourcentage des nutriments basiques calcium, magnésium, potassium et sodium dans la capacité d'échange cationique totale. De cette capacité dépend l'absorption des nutriments par les arbres. Dans les sols plutôt acides du Plateau et du sud des Alpes, les valeurs de saturation en bases dans la couche supérieure du sol varient entre 15 % et 40 %, suivant la nature

de la roche-mère. Elles sont plus élevées sur des roches calcaires, comme dans le Jura ou les Alpes calcaires (plus de 40 % en moyenne, fig. 2.2.2a).

Les sols s'acidifient lorsque les dépôts atmosphériques acidifiants dépassent les taux d'altération, donc la fourniture de nutriments basiques par altération dans le sol. À un stade avancé, le pH du sol baisse, des nutriments sont lessivés et la saturation en bases diminue. Entre 2005 et 2016, une acidification ainsi qu'une diminution de la saturation en bases ont été constatées sur tous les sites ($n = 176$) de l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB), en place depuis 1984. Dans les couches de sol non calcaire, le pH a diminué de 0,22 unité. La saturation en bases dans la couche supérieure du sol a baissé de 2,9 % en moyenne. Les résultats montrent que ce processus est lié à des dépôts azotés excessifs (fig. 2.2.2b). En effet, l'azote excédentaire est lessivé dans le sol par la pluie sous forme de nitrate, en même temps que des nutriments basiques. Il en résulte une baisse de la

Figure 2.2.1

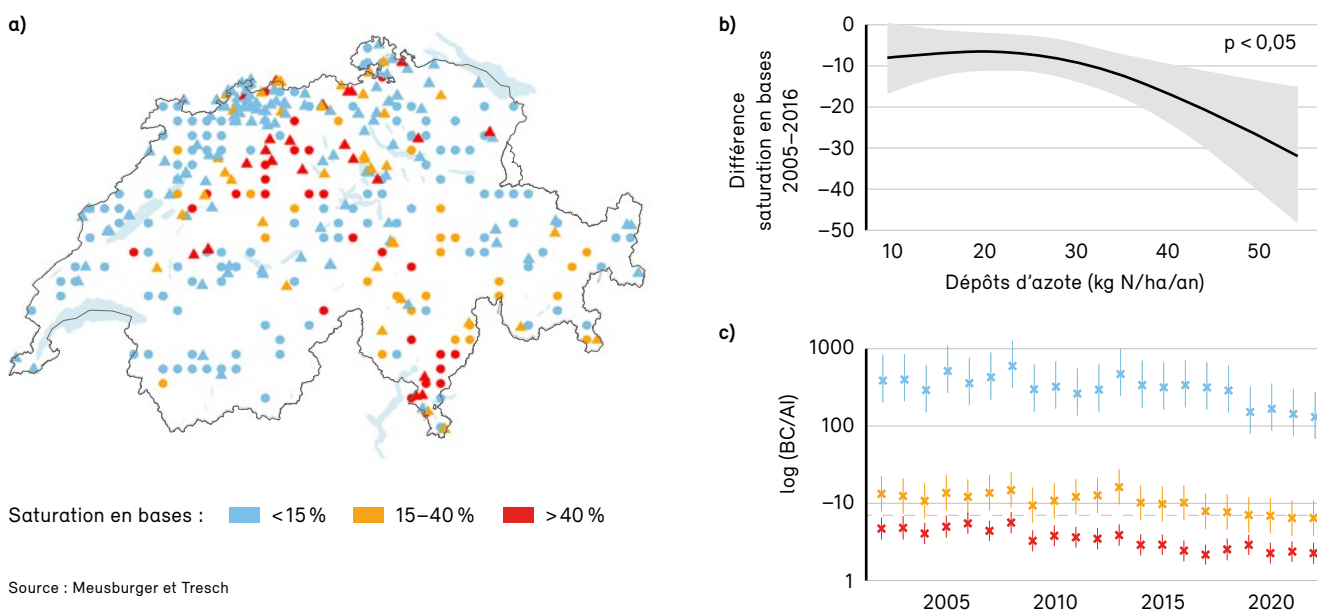
Rapport modélisé entre l'évapotranspiration actuelle et potentielle (T_a/T_p) en juillet et en août pour les trois années sèches 2003, 2015 et 2018.



Source : Meusburger et al. 2022

Figure 2.2.2

a) Saturation en bases dans la couche supérieure du sol (0-40 cm) sur une grille de 8x8 km ($n = 172$, points) et sur les sites WDB ($n = 213$, triangles). b) Corrélation modélisée entre la différence de la saturation en bases des années 2005 et 2016 et les dépôts azotés ($n = 485$ échantillons sans calcaire de 123 sites WDB). c) Rapport BC/Al moyen dans l'eau du sol avec différentes saturations en bases ($n = 45$ sites WDB et $n = 9$ sites du programme de Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers [LWF]), de 2000 à 2023.



disponibilité en éléments nutritifs (Braun et al. 2020a), qui peut provoquer une carence chez les arbres (Braun et al. 2020b).

L'acidification du sol s'accompagne d'une libération d'aluminium toxique, qui entrave la croissance des racines. Le rapport entre cations nutritifs basiques (BC) et aluminium inorganique (Al) dans la solution du sol sert aussi d'indicateur de l'acidification du sol. La baisse du rapport BC/Al observée au cours des années passées témoigne aussi de la progression de l'acidification dans de nombreux sols forestiers de Suisse (fig. 2.2.2c). Un rapport BC/Al bas se traduit par un affaiblissement de paramètres de vitalité des arbres comme la croissance (Sverdrup et Warfvinge 1993), une profondeur d'enracinement réduite (Braun et al. 2005) et une plus grande vulnérabilité aux tempêtes (Braun et al. 2003).

Protection physique des sols

Les atteintes physiques au sol, comme l'érosion et la compaction, résultent notamment d'une utilisation inadéquate d'engins lourds. D'autres méthodes de travail, un calendrier ciblé et une technique de machines appropriée dans la gestion forestière permettent de les limiter

(Lüscher et al. 2019). Ainsi, abaisser la pression de gonflage de 3,5 à 2,5 bar réduit nettement les pics de pression dans le sol et la formation d'ornières. Les semi-chenilles mobiles dites « Bogie » installées sur les roues ont aussi fait leurs preuves. Elles diminuent le patinage lors de la transmission des forces de traction et limitent les dégâts au sol, tout en réduisant la formation d'ornières. Dans la récolte entièrement mécanisée de résineux, des branches peuvent être disposées sur les layons de débardage afin de former un tapis qui répartit les forces de traction et protège le sol. Un bon réseau de chemins utilisables à long terme constitue la base d'une récolte de bois respectueuse du sol.

2.3 État des houppiers

Stefan Hunziker, Sabine Augustin, Sabine Braun, Simon Tresch, Christian Hug, Peter Waldner, Arthur Gessler

- La défoliation dans les forêts suisses tend à augmenter, avec de fortes fluctuations annuelles. C'est ce qui ressort des résultats de l'inventaire Sanasilva et de l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB).
- Une hausse de la mortalité est observée chez certaines essences, là aussi avec des fluctuations annuelles.
- Celles-ci s'expliquent en partie par des événements extrêmes tels que tempêtes ou années sèches. Les tendances à la hausse observées depuis dix ans pourraient s'accroître si les événements prédits par les modèles climatiques s'accumulent.

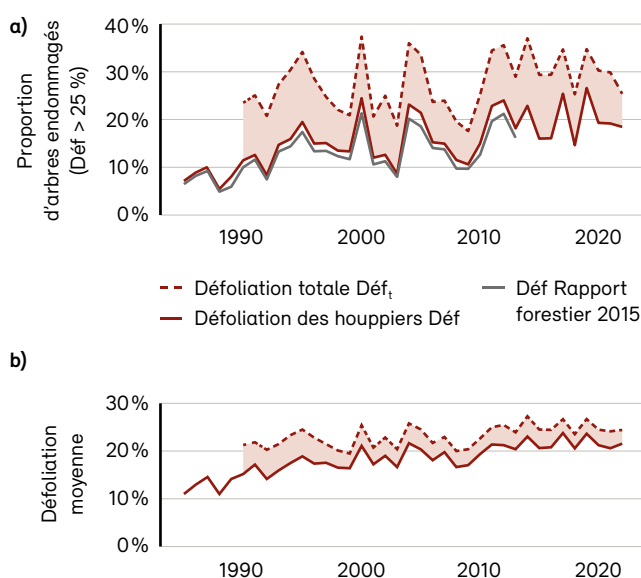
Défoliation du houppier

Le feuillage des arbres est un indicateur fiable de l'état d'une forêt. La défoliation dans les forêts suisses est systématiquement relevée depuis 1985 par l'inventaire annuel Sanasilva. Environ 1000 arbres sont évalués visuellement selon une procédure standardisée sur actuellement 49 placettes d'échantillonnage de l'Inventaire forestier national (IFN). Celles-ci sont réparties dans tout le pays sur une grille de coordonnées de 16 x 16 km.

La défoliation (Déf) est exprimée en pour cent de perte de feuilles ou d'aiguilles inexplicée d'un houppier. La valeur de référence est un arbre du même âge pleinement folié sur le même site. Depuis 1990, l'inventaire relève en outre la défoliation totale (Déf_t). Celle-ci intègre les défoliations d'origines connues, à savoir chablis, grêle, bris de neige ou effets liés à la floraison, comme une floraison et une production grainière massives. Les arbres vifs sont qualifiés d'« endommagés » quand la défoliation est supérieure à 25 %, et de « fortement endommagés » au-delà de 60 %. L'inventaire Sanasilva fait partie du monitoring PIC Forêts (Programme international concerté sur l'évaluation et la surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les forêts), qui collecte des données comparables dans presque tous les pays d'Europe (Eichhorn et al. 2020). Depuis 1984, l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB) relève de façon similaire 184 autres placettes avec plus de 12 500 hêtres, épicéas et chênes (ces derniers seulement

Figure 2.3.1

Évolution de la défoliation (toutes les essences) de 1985 à 2022 pour la défoliation inexplicée (Déf) et la défoliation totale (Déf_t). Les surfaces colorées indiquent la défoliation expliquée. a) Part d'arbres endommagés (Déf > 25 %). La défoliation selon le Rapport forestier 2015 repose sur d'autres bases de données et contrôles de qualité, elle est présentée à titre de comparaison (ligne grise). b) Évolution de la défoliation moyenne de toutes les essences selon Déf et Déf_t. (Déf = défoliation, soit la perte de feuilles et d'aiguilles).



Source : Inventaire Sanasilva

depuis 2008). Les placettes WDB ont été sélectionnées pour étudier d'autres facteurs d'influence écologiques. Les comparaisons directes de valeurs absolues avec l'inventaire Sanasilva, représentatif de la surface, ne sont donc pas possibles.

Évolution de l'état des houppiers

Les relevés de Sanasilva montrent une augmentation à long terme de la proportion d'arbres endommagés (Déf > 25 %), en moyenne de toutes les essences (fig. 2.3.1a). De 1985 à 1989, elle était le plus souvent nettement inférieure à 10 %. Depuis 2010, elle dépasse régulièrement 25 % et a culminé à près de 27 % en 2019. Ces évolutions sont comparables pour les résineux et les feuillus. Cette hausse

à long terme est encore plus marquée pour la défoliation moyenne (fig. 2.3.1b). La part d'arbres fortement endommagés (Déf > 60 %) est restée inférieure à 3 % sur toute la période d'observation, mais augmente à un bas niveau depuis environ 2004.

La défoliation totale (Déf_t) présente naturellement une part d'arbres endommagés plus élevée, car elle inclut les défoliations explicables (fig. 2.3.1a). Celles-ci ne permettent pas de tirer des conclusions sur la santé d'un arbre. Seule une analyse différenciée de l'état du houppier fournit des indications précises sur les tendances à long terme. La défoliation totale présente souvent de fortes fluctuations annuelles, mais la hausse à long terme de la part d'arbres endommagés est ici moins marquée. Ces fortes fluctuations annuelles reflètent l'influence d'événements extrêmes comme les tempêtes et les années sèches. Les effets de ces dernières sur la défoliation n'apparaissent qu'après une ou plusieurs années (Frei et al. 2022).

La figure 2.3.2a présente la défoliation totale sur les placettes WDB pour le hêtre, l'épicéa et le chêne. Les fluctuations annuelles sont imputables à des influences météorologiques (p. ex. sécheresse, gel tardif) et, pour le hêtre, à la fructification ainsi qu'à des carences (Braun et Flückiger 2013). À relever chez les trois essences la forte hausse de la part de houppiers fortement endommagés après l'été très sec de 2018 (fig. 2.3.2b).

Évolution de la mortalité des arbres

Un autre indicateur de la santé des forêts relevé sur les placettes Sanasilva est le taux de mortalité des arbres (fig. 2.3.3). Les données sur les résineux montrent une mortalité élevée après des tempêtes ou des périodes de sécheresse, mais ne permettent pas de dégager une tendance à long terme. Quant aux feuillus, leur taux de mortalité a augmenté entre 2009 et 2022, une hausse qui se retrouve dans des études d'autres pays européens (Senf et al. 2018).

La forte hausse de la mortalité des épicéas et des hêtres après l'année sèche de 2018 a aussi été constatée sur les placettes WDB (fig. 2.3.2c ; Braun et al. 2021, Tresch et al. 2023). Les chênes, qui ne sont relevés que depuis 2008, présentent de fortes fluctuations annuelles mais sans montrer de tendance à long terme.

Figure 2.3.2

Évolution de la défoliation (Déf) et de la mortalité du hêtre, du chêne et de l'épicéa de 1984 à 2022. a) Part d'arbres endommagés (Déf > 25 %). b) Part d'arbres fortement endommagés (Déf > 60 %). c) Part de hêtres, de chênes et d'épicéas morts (Déf = défoliation, soit la perte de feuilles et d'aiguilles).

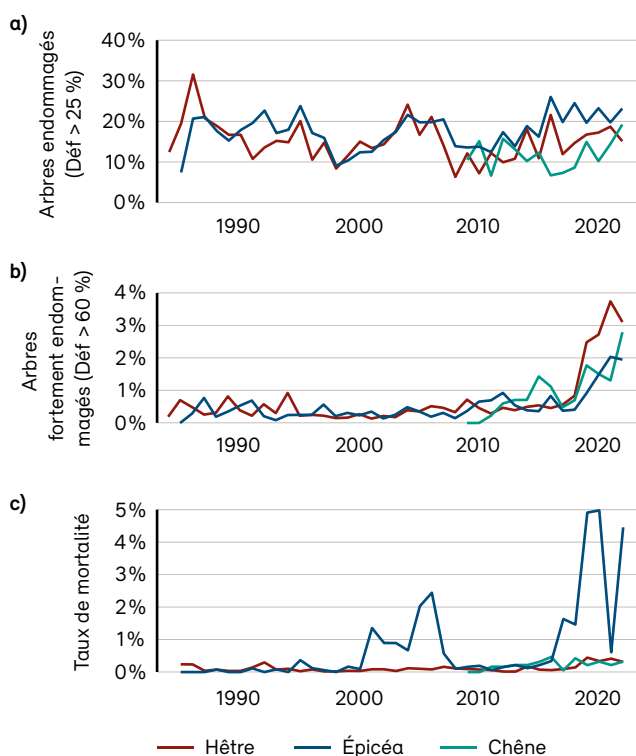
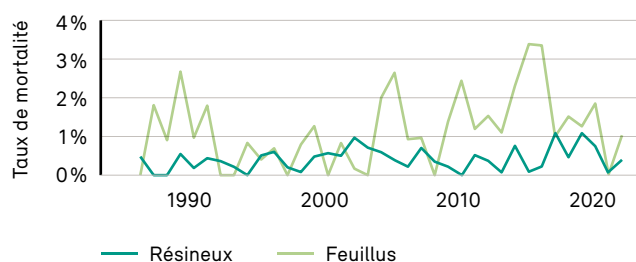


Figure 2.3.3

Taux de mortalité des résineux et des feuillus de 1985 à 2022.



2.4 Dégâts aux forêts

Valentin Queloz, Marco Conedera, Gianni Boris Pezzatti, Michael Sautter, Sophie Stroheker, Meinrad Abegg, Sabine Braun, Simon Tresch, Aline Knoblauch, Simon Blaser

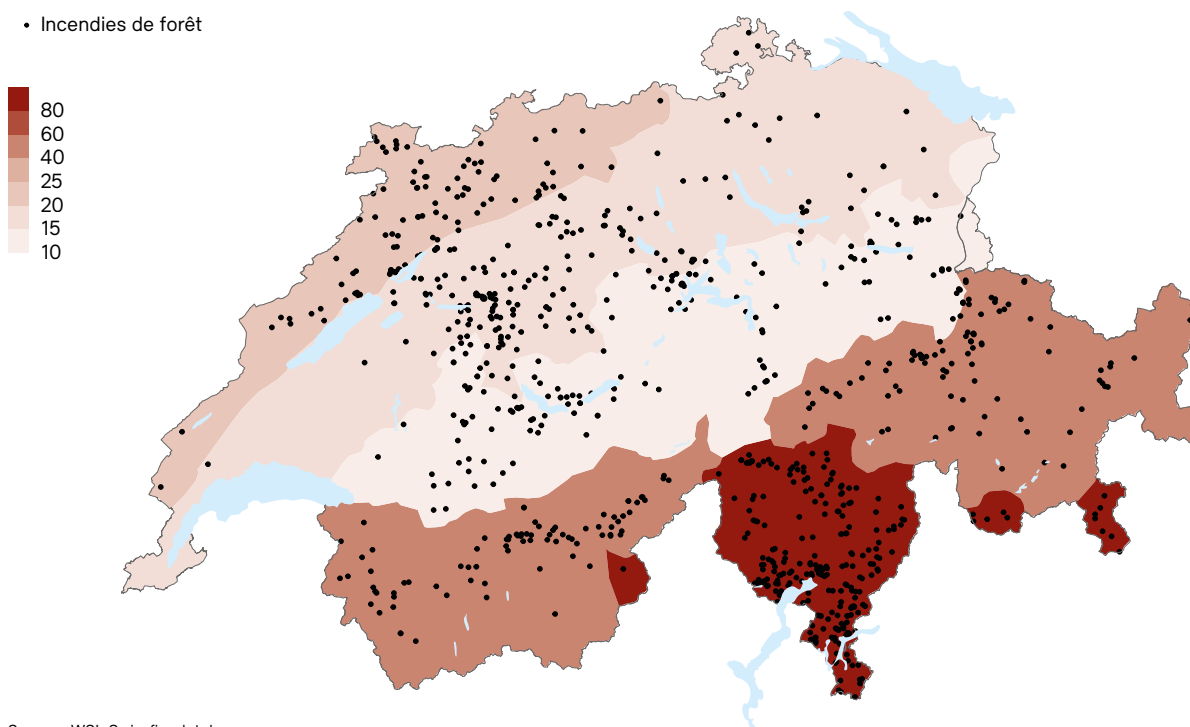
- La hausse des températures et la multiplication des périodes de sécheresse accroissent le danger d'incendie de forêt. Les effets combinés de ce type de facteurs abiotiques et d'organismes nuisibles indigènes et exotiques causent des dégâts d'une nature et d'une ampleur inédites.
- En bien des endroits, les arbres sont affaiblis et ont subi des pertes isolées ou étendues résultant des changements climatiques, d'incendies de forêt, de la grêle, de maladies complexes et de la pression d'espèces envahissantes.
- Les essences et provenances plus résistantes aux changements climatiques et aux organismes nuisibles sont indispensables pour que la forêt puisse continuer de fournir ses prestations.

Incendies de forêt

Entre 2015 et 2022, 114 incendies de forêt (fig. 2.4.1) d'une étendue moyenne de 143,3 ha ont été enregistrés en Suisse en moyenne annuelle. La hausse par rapport à la décennie 2005-2015 (98,3 incendies pour 94,7 ha) peut s'expliquer par le relevé, qui n'est systématique que depuis 2008 dans tous les cantons, et par l'augmentation des périodes de sécheresse. La majorité des incendies (57 %) ont lieu de mai à novembre, pendant la période de végétation. Mais la plus grande part de surface brûlée (88 %) résulte de feux couvants hivernaux. En moyenne, 24 % des incendies pendant la période de végétation et 13,7 % sur toute l'année sont déclenchés par la foudre. Ceux-ci tendent à couvrir sous terre, mais sont de faible étendue (env. 0,2 ha en moyenne).

Figure 2.4.1

Nombre d'incendies de forêt par 1000 km² de surface combustible de 2015 à 2022.



Source : WSL Swissfire database

La surface brûlée a été bien plus élevée dans le sud des Alpes, avec un total de 352 hectares par 1000 kilomètres carrés (ha/1000 km²) de surface combustible, que dans les autres régions de Suisse (Alpes : 8 ha/1000 km², Jura : 5 ha/1000 km²). De grands incendies de plus de 50 ha n'ont été enregistrés que dans le sud des Alpes : incendie du 30 janvier 2022 causé par la négligence au Monte Gamba-rognio (surface brûlée de 196 ha), incendie du 23 mars 2022 à Verdasio-Centovalli (87 ha, exploitation ferroviaire), les deux incendies du 27 décembre 2016 à Mesocco (119 ha, d'origine criminelle) et à Chironico (114 ha, négligence), et celui du 2 décembre 2016 à Isonne (180 ha, armée), où une grande partie de la surface brûlée était des herbages (160 ha). Les longues périodes sèches augmentent le nombre d'incendies de forêt (WSL Swissfire database). Grâce aux interventions rapides et aux mesures de prévention renforcées, leur progression a pu être largement contenue. L'introduction d'un système national d'information sur les dangers d'incendie de forêt a permis de compléter les stratégies et plans régionaux et cantonaux et de renforcer la prévention par un système d'alerte quotidien pour toute la Suisse.

Chaleur, sécheresse et chablis

Les extrêmes climatiques tels que chaleur et sécheresse et déficits hydriques prolongés causent de plus en plus de dégâts aux forêts. La sécheresse provoque des signes directs de dépérissement et affaiblit la résistance des arbres aux organismes nuisibles comme les insectes ou les champignons (point 2.5). Les résultats intermédiaires de l'Inventaire forestier national IFN5 (2018-2026) montrent que leur vitalité a nettement baissé ces dernières années en raison de la sécheresse ou l'aridité (Abegg et al. 2023). La part de surfaces endommagées rien que par la sécheresse est de 7,2 % (± 2 %). Sur les quelque 200 placettes de l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB), la mortalité due à la sécheresse a nettement augmenté entre 2018 et 2022 par rapport à la moyenne de 1984-2018 : elle a décuplé chez l'épicéa (Tresch et al. 2023), et triplé chez le hêtre (Braun et al. 2021).

Outre la sécheresse, la chaleur et les incendies, le vent et la grêle causent aussi des dégâts importants aux forêts. La tempête hivernale Éléonor a été à l'origine de 1,3 million de m³ de chablis en 2018. Les tempêtes estivales dévastatrices, surtout de grêle, ont été plus fréquentes dans la dernière décennie que lors de la période précédente

2003-2012. En juillet 2021, plusieurs tempêtes de grêle d'une violence exceptionnelle ont frappé la Suisse. Les grêlons ont provoqué par endroits des éclatements d'écorce et des cassures de cime à grande échelle et ont affaibli en particulier des résineux, faisant parfois dépérir des peuplements entiers (Dubach et al. 2023). Une hausse significative des chablis et bris de tige a été observée sur les placettes de hêtres et d'épicéas du WDB (Braun et al. 2023b).

Insectes indigènes

Après les perturbations abiotiques (tempêtes hivernales Éléonor et Vaia et canicules de 2018, 2019 et 2020), de nombreuses régions de Suisse ont subi des infestations étendues de scolytes. Ainsi, les grandes quantités de bois endommagés ont créé des conditions idéales à la prolifération du typographe (*Ips typographus*). Celle-ci a culminé en 2019 avec plus de 1,5 million de m³ de bois d'épicéa infesté au niveau suisse (Stroheker et al. 2020). L'infestation se reflète dans les résultats intermédiaires de l'IFN5, qui montrent un recul de 15,4 % du volume d'épicéa sur le Plateau par rapport à l'IFN4 (2009-2017).

En 2022 et 2023, un papillon indigène, la mineuse hollandaise du chêne (*Acrocercops brongniardella*), s'est fait remarquer par des foyers intenses et étendus dans le canton du Valais. Elle était considérée jusque-là comme insignifiante. La mineuse du chêne entraîne un brunissement et la chute prématurée des feuilles de chêne résultant de l'activité de minage de ses chenilles (Dubach et al. 2023).

Maladies causées par des champignons et des bactéries indigènes

Les organismes nuisibles ne profitent pas tous des changements climatiques et des événements extrêmes. Bien que les arbres stressés soient en général moins résistants aux infections fongiques, les étés secs et chauds freinent le développement de nombreux champignons. Ainsi, si quelques maladies comme l'infection par l'armillaire, le dépérissement des pousses du pin (*Diplodia sapinea*) et l'hypoxylon (*Biscogniauxia* spp.) tendent à augmenter à long terme avec les changements climatiques, d'autres maladies et agents pathogènes sont plutôt en recul, comme les oomycètes du genre *Phytophthora* ou la rouille du douglas (*Nothophaeocryptopus gaeumannii*) (Sturrock 2012).

Figure 2.4.2

a) Symptômes de suintement sur le chêne dans le canton de Bâle-Campagne. b) Prélèvement par le service Protection de la forêt suisse d'échantillons destinés à l'identification de bactéries et *Phytophthora* responsables de l'AOD. Photos : Simon Tresch (IAP)



Certaines maladies fongiques fluctuent beaucoup d'une année à l'autre selon les conditions météorologiques. Ainsi, le dépérissement des pousses du pin est favorisé par la chaleur et la sécheresse. Si une chute de grêle crée en plus des voies d'entrée dans les pousses, le champignon se développe à une vitesse fulgurante et les pins peuvent périr en une seule période de végétation.

Un phénomène marquant de ces dernières années est la progression du suintement des arbres. Il peut être déclenché par des microorganismes proches de champignons du genre *Phytophthora* ou par des bactéries. Ainsi, le dépérissement aigu du chêne causé par différentes bactéries (en angl. Acute Oak Decline, AOD) a été identifié pour la première fois en Suisse en 2017 (fig. 2.4.2). Depuis, plusieurs sites avec des chênes atteints ont été observés sur le Plateau et dans le Jura. Combiné à l'agrile ponctué du chêne (*Agrilus biguttatus*) ou à des facteurs environnementaux, l'AOD peut causer le dépérissement des chênes atteints (Dubach et al. 2023).

Organismes exotiques nuisibles

Outre les organismes nuisibles indigènes, des espèces envahissantes introduites menacent la forêt suisse. Le capricorne asiatique (ALB, *Anoplophora glabripennis*) est particulièrement dangereux, car il n'a pas d'ennemi naturel en Europe. Il s'attaque à différents feuillus et peut les faire mourir en quelques années. Depuis l'automne 2011, cinq infestations en plein air ont été enregistrées en Suisse. Grâce à une lutte et une surveillance systématiques, quatre sont entre-temps considérées comme éradiquées. Le plus grand foyer en plein air connu à ce jour a été découvert en été 2022 dans le canton de Lucerne.

Le scolyte nordique de l'épicéa (*Ips duplicatus*), signalé en 2019 dans la vallée du Rhin saint-galloise, est un nouvel insecte nuisible aux résineux. Au Tessin, quatre nouveaux scolytes exotiques sur feuillus dont le potentiel de dommages est encore mal connu ont été identifiés en 2022 (Dubach et al. 2023). Enfin, deux autres insectes exotiques nuisibles aux forêts ont été nouvellement identifiés, la

tenthrede en zigzag de l'orme (*Aproceros leucopoda*) en 2017 dans le canton de Zurich, et la cécidomyie du douglas nord-américaine du genre *Contarinia* en 2022 (Beenken et al. 2018, Blaser et al. 2023). Le cynips du châtaignier (*Dryocosmus kuriphilus*), originaire de Chine, provoque déjà depuis des années des dégâts considérables aux châtaigniers du sud des Alpes. Entre-temps, un ennemi naturel a pu s'établir, la guêpe parasite asiatique *Torymus sinensis* (Beenken et al. 2018).

Le dépérissement des pousses du frêne, causé par le champignon d'Asie orientale *Hymenoscyphus fraxineus*, a été découvert en Suisse en 2008. La maladie provoque une mortalité très élevée dans les peuplements en phase de régénération. Les frênes adultes survivent plus longtemps, mais une partie finit aussi par mourir du dépérissement ou d'une infestation secondaire par l'armillaire. En 2022, 168 489 m³ de bois de frêne ont dû être exploités, un record pour la période 2016-2022, qui se répercute sur les résultats intermédiaires de l'IFN5 par une légère baisse du volume de frêne dans le Jura et sur le Plateau (Abegg et al. 2023). Environ 2 à 5 % des frênes sont résistants. Ces arbres doivent être conservés afin qu'ils puissent transmettre leur résistance aux générations futures (Dubach et al. 2023).

Par ailleurs, quelques nouveaux pathogènes bactériens ou proches de champignons qui ne sont pas encore considérés comme envahissants ont été décrits ou identifiés durant la dernière décennie : la bactérie *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* sur le marronnier, le champignon *Petrakia liobae*, qui infeste les feuilles de hêtre, le chancre de l'écorce du charme (*Cryphonectria carpinicola*), trois nouveaux oïdiums asiatiques, ainsi que le champignon *Microstrobilinia castrans*, qui infeste les chatons mâles d'épicéa et les rend stériles. Le champignon envahissant *Cryptostroma corticale*, responsable de la maladie de la suie de l'érable, a aussi pris une importance accrue avec les changements climatiques et été plus souvent signalé en Suisse. Il détruit le cambium (couche de croissance de l'arbre) et forme sur le tronc une couche de « suie » constituée de spores, qui peuvent provoquer des réactions allergiques chez l'être humain.

Pour éviter l'introduction et la propagation d'autres organismes exotiques nuisibles et protéger ainsi la forêt, des mesures phytosanitaires doivent être prises. En Suisse, cette tâche est assurée par le Service phytosanitaire fédéral (SPF). Il contrôle chaque année environ 2000 conteneurs importés avec des matériaux d'emballages en bois quant à la présence d'organismes nuisibles particulièrement dangereux. La sensibilisation de la population est aussi essentielle à l'identification précoce d'une infestation. En outre, des cours spécialisés sont organisés pour le personnel des professions de la branche verte. Parallèlement, la Confédération, les cantons et le WSL ont développé de 2020 à 2022 une surveillance du territoire basée sur le risque pour certains organismes nuisibles.

Effets combinés et leurs causes

Les effets combinés de facteurs abiotiques et biotiques peuvent provoquer des dégâts d'une nature et d'une ampleur inédites. Dans les régions avec des dépôts azotés élevés, notamment à basse altitude et dans les peuplements d'épicéas étrangers à la station, les conséquences de la sécheresse sur les infestations de scolytes sont nettement plus marquées (Tresch et al. 2023). Des effets combinés peuvent aussi apparaître uniquement entre facteurs biotiques. Ainsi, la conjugaison du cynips du châtaignier et du chancre de l'écorce causé par le champignon *Cryphonectria parasitica* peut augmenter la mortalité du châtaignier.

2.5 Influence des changements climatiques sur la santé et la vitalité

Matthias Saurer, Arthur Gessler, Charlotte Grossiord, Meinrad Abegg, Sabine Augustin, Marcus Schaub

- La multiplication d'années chaudes et sèches pèse de plus en plus sur la forêt. Même des essences réputées jusqu'ici résistantes à la sécheresse en souffrent.
- Les résultats intermédiaires du cinquième inventaire forestier national montrent une hausse des arbres endommagés, principalement en raison d'insectes, d'agents pathogènes, de chablis et de pertes de vitalité dues à la sécheresse.
- L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) ont développé des outils pour un choix d'essences adaptées aux changements climatiques. La promotion de forêts mélangées et l'augmentation de la diversité génétique des forêts sont des mesures importantes.

Températures élevées et manque de pluie

En raison des changements climatiques, la température annuelle moyenne en Suisse a augmenté de 2 °C sur les 30 années de la période 1993-2022 par rapport à la période préindustrielle 1871-1900 (MétéoSuisse 2023). Depuis quelques années, les années extrêmement chaudes et sèches se multiplient. La plupart des records de température et de sécheresse de l'été 2003, pourtant considéré comme l'été du siècle, sont déjà tombés plusieurs fois. Les sept années les plus chaudes depuis le début des mesures ont été enregistrées après 2010. Celle de 2018 se distingue par un nouveau record de températures du semestre estival, qui n'a jamais été aussi chaud depuis le début des mesures en 1864. Les températures élevées ont été accompagnées d'une pluviosité extrêmement faible. Il s'agit d'une sécheresse exceptionnelle même sur une échelle historique de 2100 ans, comme l'a démontré une reconstitution de cernes annuels (Büntgen et al. 2021). Elle a provoqué des dégâts étendus aux arbres, p. ex. de défoliation (point 2.3). Les forêts ont d'autant plus de peine à se remettre que les étés secs et chauds se succèdent rapidement.

Effets sur les arbres

Le changement de climat a encore d'autres conséquences en forêt. Beaucoup de feuillus débourrent plus tôt, mais le risque de gelées printanières tardives reste élevé, voire augmente (Vitasse et al. 2018). Les essences qui se remettent rapidement de dégâts de gel pourraient en profiter (Baumgarten et al. 2023). L'allongement de la période de végétation devrait favoriser les espèces qui maximisent leur photosynthèse au printemps et en automne et peuvent ainsi compenser l'assimilation réduite de carbone en été, comme le chêne pubescent (Grossiord et al. 2022). Cependant, cet allongement n'est pas toujours favorable à la croissance, celle-ci dépendant avant tout du nombre de jours humides (Etzold et al. 2022). La forêt souffre de plus en plus de l'effet conjugué d'un déficit hydrique dans le sol, de températures très élevées et de la sécheresse de l'air. Les épicéas à basse altitude sont particulièrement touchés et pourraient subitement dépérir par manque d'eau (Arend et al. 2021 ; point 2.3).

Même des essences réputées jusqu'ici résistantes à la sécheresse, comme le hêtre et le sapin blanc, souffrent de l'aridité croissante. Chez le hêtre, de petites bulles d'air appelées « embolies » se forment dans les vaisseaux et empêchent l'approvisionnement en eau de parties entières du houppier, qui dépérissent (Braun et al. 2021, Schuldt et al. 2020). Outre le degré de sécheresse de l'année en cours, celui des années précédentes est aussi déterminant (Klesse et al. 2022). L'humidité en hiver joue par ailleurs un rôle important, surtout dans les stations sèches (Goldsmith et al. 2022). Le sapin est très sensible à un déficit de pression de vapeur d'eau élevé de l'air, ce qui se produit surtout quand l'air est très chaud et sec (Etzold et al. 2022). Il faudrait mieux en tenir compte dans le choix des essences. Le déficit de pression de vapeur d'eau est un critère important pour le classement des stations de « sèches » à « humides/fraîches » (Braun et al. 2023c).

Les périodes de stress prolongées ou répétées peuvent induire une carence en carbone, car les arbres ferment leurs stomates pendant ces phases pour économiser l'eau. Ils perdent de leur vitalité, ce qui réduit à long terme leur masse de feuilles ou d'aiguilles. Ils manquent en outre d'énergie pour des processus de défense comme la production de résine et deviennent ainsi plus vulnérables aux insectes et aux agents pathogènes. Des études prolongées sur des pins du bois de Finges (VS) montrent que les problèmes de cette essence résultent d'un déficit en eau (Bose et al. 2022). C'est pour cette raison que le pin souffre des changements climatiques dans les vallées intra-alpines. Ses peuplements pourraient être remplacés à long terme par des essences plus résistantes à la sécheresse, comme le chêne pubescent.

Santé et vitalité des peuplements

L'Inventaire forestier national (IFN) relève périodiquement la croissance des forêts suisses. Des résultats intermédiaires de l'IFN5 (2018-2026) sont disponibles pour les années 2018-2022 (Abegg et al. 2023). D'autres facteurs de santé et de vitalité des peuplements ont été relevés par une enquête auprès des services forestiers, qui ont été interrogés sur les causes du dépérissement des arbres. Selon leur appréciation, la mortalité des arbres qui vivaient encore lors de l'IFN4 (2009-2017) était principalement imputable à des infestations d'insectes, des chablis, la sécheresse et des organismes nuisibles tels que champignons, virus ou bactéries. Les dégâts causés par les insectes, surtout de scolytes, sont souvent liés à des périodes très arides. La sécheresse a eu beaucoup d'influence en particulier dans le Jura. La mortalité est plus ou moins marquée selon la région et l'essence, ce qui se manifeste déjà par des changements dans la composition en essences. Ce constat est confirmé par les résultats de l'IFN5 sur les exploitations forcées.

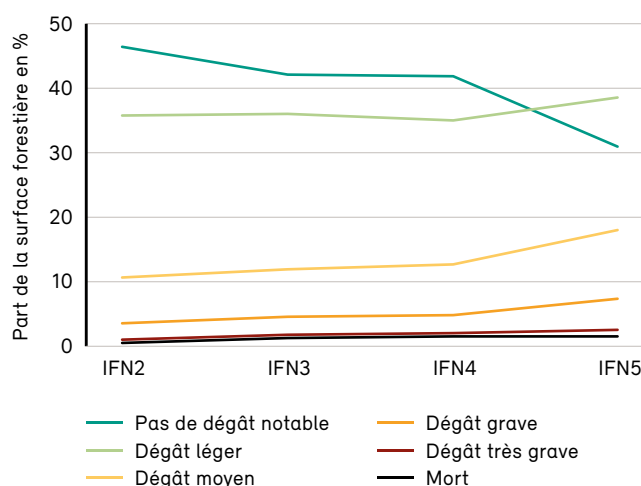
Au niveau suisse, les surfaces touchées par des infestations d'insectes et d'agents pathogènes étaient à peu près de même étendue que celles frappées par des chablis et la sécheresse. Comparé aux relevés de l'IFN2 (1993-1995), le nombre d'arbres endommagés n'a augmenté que dans la dernière période d'observation (fig. 2.5.1) – un constat qui se recoupe avec le relevé de l'état des houppiers (point 2.3). Ces observations indiquent un fort impact du climat sur les forêts.

Éléments pour un choix d'essences adaptées au climat

Des éléments pour un choix d'essences adaptées au climat ont été élaborés dans le programme « Forêts et changements climatiques ». Le calcul des étages de végétation pour le climat futur (Zischg et al. 2021) et l'adéquation des stations selon les écogrammes sont en l'occurrence déterminants (Braun et al. 2023c). Ces éléments pour des recommandations d'essences adaptées à la station ont été publiés en 2018 (Frehner et al. 2018) et concrétisés dans la Tree App (www.tree-app.ch). L'objectif est de favoriser les forêts mélangées de feuillus à l'aide de mesures appropriées, et d'augmenter la diversité génétique des forêts (point 4.6). Les essences indigènes sont à privilégier. Le choix d'essences introduites doit rester exceptionnel. Des plantations expérimentales de différentes essences et provenances seront en outre effectuées dans un projet d'application du programme de recherche (Frei et al. 2018). Les plantes testées proviennent de peuplements indigènes ou de régions plus chaudes et sèches hors de la Suisse. Réparties sur plus de 50 sites dans toute la Suisse, ces plantations fourniront de précieuses informations durant les prochaines décennies.

Figure 2.5.1

Évolution de la gravité des dégâts dans des peuplements de la forêt suisse pour les IFN2 (1993-1995), IFN3 (2004-2006), IFN4 (2009-2017) jusqu'à l'IFN5 (2018-2022). La gravité se base sur l'évaluation des dégâts d'arbres isolés extrapolée au peuplement concerné. L'erreur standard pour l'ensemble des valeurs indiquées est inférieure à 1 %.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

3

Exploitation

Le bois récolté est trié par essence et entreposé provisoirement sur une place au bord de la route forestière.

Photo : Getty, Pink Badger







3 Exploitation

Janine Schweier, Alfred W. Kammerhofer

Le bois est la matière première la plus importante de la forêt pour les humains. Mais celle-ci fournit aussi d'autres produits et prestations dont l'utilisation doit être soigneusement planifiée pour être durable face aux changements climatiques. Depuis 2015, quelque 5 millions de m³ de bois sont récoltés et vendus annuellement, dont environ 66 % de résineux et 34 % de feuillus. En raison d'une mortalité accrue avant tout de l'épicéa et du hêtre, l'accroissement net, soit la croissance des arbres vifs, est pour la première fois en recul dans certaines régions. La part des exploitations forcées a fortement augmenté, surtout à basse altitude. La fréquence accrue des périodes de sécheresse dues aux changements climatiques devrait encore faire augmenter la part de résineux dans la récolte du bois. Outre la production de bois, la forêt fournit de nombreuses autres prestations, notamment en matière d'approvisionnement et de régulation et dans le domaine culturel. Leur mise à disposition occasionne des coûts qui n'ont été que partiellement couverts jusqu'ici. Parmi les prestations forestières, des produits non ligneux comme les champignons, le gibier, le miel et les sapins de Noël ont vu leur importance s'accroître et sont de mieux en mieux valorisables. Les changements climatiques et les exigences croissantes de la société envers la forêt rendent la planification forestière plus complexe. Celle-ci requiert des relevés fiables et des instruments de planification qui permettent de tenir compte de tous les aspects de l'exploitation de la forêt.

3.1 Exploitation du bois et accroissement

Marjo Kunnala, Christian Temperli

- L'accroissement brut et l'accroissement net sont en recul dans certaines régions.
- La mortalité a fortement augmenté et atteint 25 % de l'accroissement brut. Les exploitations forcées imprévues après des perturbations étaient aussi en forte hausse.
- Il est probable que des évolutions comme la hausse de la mortalité et la diminution de l'accroissement se poursuivent, avec des différences régionales. La gestion forestière sera donc de plus en plus influencée par la maîtrise de perturbations.

Accroissement, exploitation et mortalité

L'accroissement, l'exploitation et la mortalité sont des paramètres importants pour évaluer la productivité des forêts et la durabilité de la consommation des ressources (point 1.2). Selon la terminologie de l'Inventaire forestier national (IFN), l'accroissement brut comprend l'augmentation du volume des arbres vifs et de ceux qui ont franchi le seuil d'inventaire (12 cm), ainsi que l'augmentation modélisée du volume des arbres exploités ou morts naturellement et non exploités (mortalité). L'accroissement net est l'accroissement brut après déduction du volume de la mortalité naturelle. L'exploitation au sens de l'IFN comprend le volume de bois de tige (y c. souche et écorce) de tous les arbres abattus et retirés, que le bois ait été commercialisé ou utilisé à des fins privées. Le volume du bois de tige est entièrement comptabilisé au titre de l'exploitation, même si des parties de tiges restent en forêt. L'exploitation et la mortalité additionnées sont aussi qualifiées de pertes.

Sur la période de l'IFN4 (2009-2017) à l'IFN5 (2018-2022), l'accroissement brut au niveau suisse s'est élevé à 10,6 millions de m³/an. Il a ainsi baissé de 2,2 % par rapport à la période de l'IFN3 (2004-2006) et l'IFN4, où il était de 10,8 millions de m³/an. La baisse a été marquée surtout dans le Jura (– 9,0 %) et sur le Plateau (– 7,3 %) (Abegg et al. 2023).

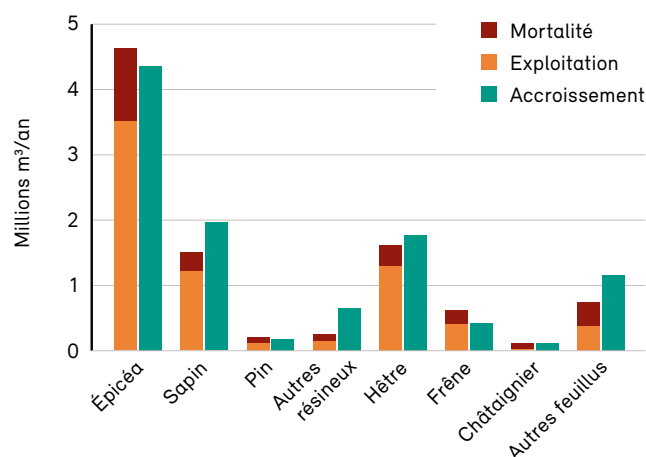
La dernière décennie a vu une hausse de la mortalité, qui est passée de 1,7 à 2,6 millions de m³/an, atteignant à la fin 24,7 % de l'accroissement brut. L'accroissement net a

ainsi diminué de 12,8 % au niveau suisse, passant de 9,1 à 8,0 millions de m³/an. Dans le Jura, la mortalité a plus que doublé (+ 129,6 %). C'est pourquoi cette région enregistre la plus forte baisse de l'accroissement net (– 28,1 %). Une hausse de la mortalité a aussi été mesurée dans les Alpes (+ 25,6 %).

L'exploitation a au contraire légèrement diminué au niveau suisse, et s'élevait à la fin à 7,1 millions de m³/an. Le rapport entre exploitation et mortalité et accroissement brut est considéré comme un indicateur de l'évolution du volume de bois. Si la valeur de l'exploitation plus la mortalité excède 100 % de l'accroissement brut, le volume de bois diminue. Chez le frêne (148,0 %), elle a été nettement supérieure lors de la dernière décennie (fig. 3.1.1) en raison de la mortalité fortement accrue causée par le dépérissement des pousses du frêne (point 2.4). L'épicéa (106,4 %), le pin (113,2 %) ainsi que le châtaignier (102,0 %), surtout fréquent dans le sud des Alpes, sont aussi concernés, bien que les rapports pour ces essences doivent être interprétés avec prudence, car les marges d'incertitude (erreur standard) liées d'une part à l'exploitation et à la mortalité et d'autre part à l'accroissement se chevauchent. Le rapport pour le hêtre est de

Figure 3.1.1

Rapport entre exploitation plus mortalité et accroissement brut (accroissement) sur la période d'inventaire de l'IFN4 (2009-2013) à l'IFN5 (2018-2022), par essence principale.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

91,3 % et correspond ainsi pratiquement à la valeur suisse pour toutes les essences (91,4 %), malgré la forte hausse de la mortalité dans le Jura. L'exploitation et la mortalité du sapin atteignent 77,1 % de l'accroissement brut.

Ces différences d'évolution selon la région de production de l'accroissement brut, de l'exploitation et de la mortalité dépendent de nombreux facteurs, p. ex. de perturbations comme la tempête Éléanor de janvier 2018 ou de sécheresses localement extrêmes comme en 2018 et en 2022 (Hermann et al. 2023). La forêt a aussi beaucoup souffert d'infestations d'insectes et de champignons (points 2.4 et 2.5).

Exploitations forcées

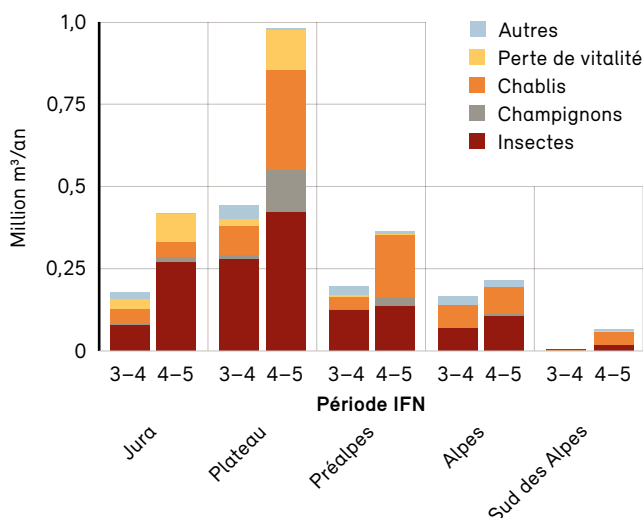
La part d'exploitations forcées (exploitations non planifiées et nécessaires après une perturbation) a augmenté. Elles demandent beaucoup de temps pour le façonnage en forêt et entraînent des coûts supplémentaires ou des baisses de recettes pour les propriétaires forestiers. Sur la période IFN3-IFN4, 1,1 million de m³/an avaient été déclarés comme exploitations forcées, soit 13,9 % de l'exploitation totale. Sur celle des IFN4-IFN5, ce volume a presque doublé, passant à 2,0 millions de m³/an, et représentait à la fin près d'un tiers du bois exploité (29,0 %). La part d'exploitations forcées était la plus élevée sur le Plateau et dans le sud des Alpes (env. 35 % chacun), et la plus basse dans les Alpes (21,5 %). Les principales causes au niveau suisse étaient des infestations d'insectes (46,6 %) et le chablis (31,7 %), suivies de pertes de vitalité liées à la sécheresse et l'aridité (9,3 %) et de maladies fongiques (8,9 %) (fig. 3.1.2).

Gestion forestière durable

Le rapport entre exploitation et accroissement net (sans mortalité) est un indicateur de l'utilisation durable de la ressource bois. Il doit rester équilibré à long terme. Les hausses régionales des exploitations forcées et les reculs de l'accroissement net ont fait que l'exploitation est passée de 83,6 % à 88,6 % par rapport à l'accroissement net entre les décennies IFN3-IFN4 et IFN4-IFN5. Il convient de rappeler à cet égard que les marges d'incertitude se chevauchent. Dans le Jura (124,2 %) et sur le Plateau (116,6 %), elle a dépassé l'accroissement net. Cela signifie que dans ces régions, le volume de bois baisse (point 1.2). L'exploitation n'est toutefois pas le seul facteur d'évaluation de la durabilité. D'autres prestations forestières, telles que

Figure 3.1.2

Exploitations forcées durant les relevés IFN3-IFN4 (2004-2006 à 2009-2017) et IFN4-IFN5 (2009-2013 à 2018-2022), par région de production et cause principale.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

protection contre les dangers naturels, filtration de l'eau de pluie pour l'eau potable, biodiversité et habitat pour la faune et la flore et espace de détente pour la population, sont aussi à prendre en compte. Des mesures sylvicoles appropriées sont nécessaires pour les garantir. Suivant l'objectif, ces mesures peuvent diminuer le volume de bois et néanmoins accroître la durabilité globale en forêt, p. ex. quand un peuplement est adapté aux changements climatiques.

Dans certaines régions, la dernière décennie a été marquée par une hausse de la mortalité et des exploitations forcées. Pour garantir la fourniture des prestations demandées par la population, le développement de la forêt doit donc continuer d'être géré au moyen de mesures sylvicoles ciblées. Dans les peuplements sensibles qui seront très probablement menacés par les changements climatiques, celui-ci peut être contrôlé et accéléré par des mesures d'adaptation comme la diversification des essences et des structures, le raccourcissement des révolutions, l'entretien de la régénération voire, en dernier recours, des plantations d'essences plus résistantes au climat (Pluess et al. 2016).

3.2 Bois rond

Matthias Biolley

- Environ 5 millions de m³ de bois (brut) sont récoltés par an dans la forêt suisse et mis à port de camion.
- L'augmentation de la demande a fortement accru la part de résineux valorisés énergétiquement.
- La récolte de bois devrait poursuivre sa hausse du fait des changements climatiques. L'accumulation de périodes sèches augmentera encore la part de résineux dans l'exploitation totale.

Récolte et utilisation du bois

Le compte rendu ci-après de la récolte des bois s'appuie sur la statistique forestière suisse. Les données proviennent d'une enquête exhaustive auprès des entreprises forestières et des petits propriétaires de forêt portant sur l'exploitation du bois récolté et vendu à port de camion par assortiment et par essence, sur les plantations et sur les finances des entreprises (sans les petits propriétaires). Elles ne sont pas directement comparables avec celles des relevés par échantillonnage de l'IFN (point 3.1), les deux instruments ne mesurant pas toujours les mêmes éléments et conduisant ainsi à différentes interprétations (OFEV 2022c).

Entre 2013 et 2021, 4,8 millions de m³ de bois ronds ont été récoltés dans la forêt suisse et commercialisés en moyenne annuelle (OFS 2022a), dont 66 % de résineux et 34 % de feuillus. Chez les feuillus, 73 % de la récolte a été utilisée à des fins énergétiques, 14 % transformée dans des scieries, et 13 % valorisée comme bois d'industrie, p. ex. pour la fabrication de panneaux de particules. Quant aux résineux, 68 % ont été transformés comme grumes dans des scieries, 22 % utilisés à des fins énergétiques, et seulement 10 % valorisés comme bois d'industrie (OFEV 2022c, OFS 2022a).

Fluctuations annuelles de la récolte des bois

La récolte maximale de la dernière décennie a été enregistrée en 2018 avec 5,2 millions de m³ (OFS 2022a). Elle était due à une pullulation exceptionnelle de scolytes après les tempêtes hivernales du début d'année, doublée d'une forte sécheresse estivale et d'une hausse de la demande. La plus petite récolte, de 4,45 millions de m³, est celle de 2016 (OFS 2022a). Cette année, les prix du bois et la demande du marché étaient plus bas, et les exploitations forcées peu nombreuses.

La part de résineux sur l'ensemble de la récolte s'est beaucoup accrue en 2018 et est ensuite restée élevée (OFS 2022a ; fig. 3.2.1). Cette hausse reflète l'augmentation de la récolte de bois endommagé, qui comprenait surtout des résineux, l'épicéa, essence résineuse la plus fréquente, étant sensible aux coups de vent et à la sécheresse, surtout à basse altitude.

La part de bois-énergie sur l'ensemble de la récolte n'a cessé de croître, et là aussi de façon très marquée chez les résineux. En 2013, 18 % de la récolte de résineux était valorisée à des fins énergétiques (OFS 2022a) ; en 2021, cette valeur atteignait déjà 24 %. La hausse résulte surtout de la demande accrue en énergie renouvelable, qui a favorisé le développement de centrales à bois et augmenté ainsi la demande en bois-énergie.

Évolutions de l'exploitation du bois

À l'avenir, les extrêmes climatiques seront plus fréquents. Les exploitations forcées devraient donc rester élevées, voire augmenter durant la prochaine décennie. Elles produiront plus de bois pour la transformation et l'utilisation. Une hausse de la récolte est aussi attendue

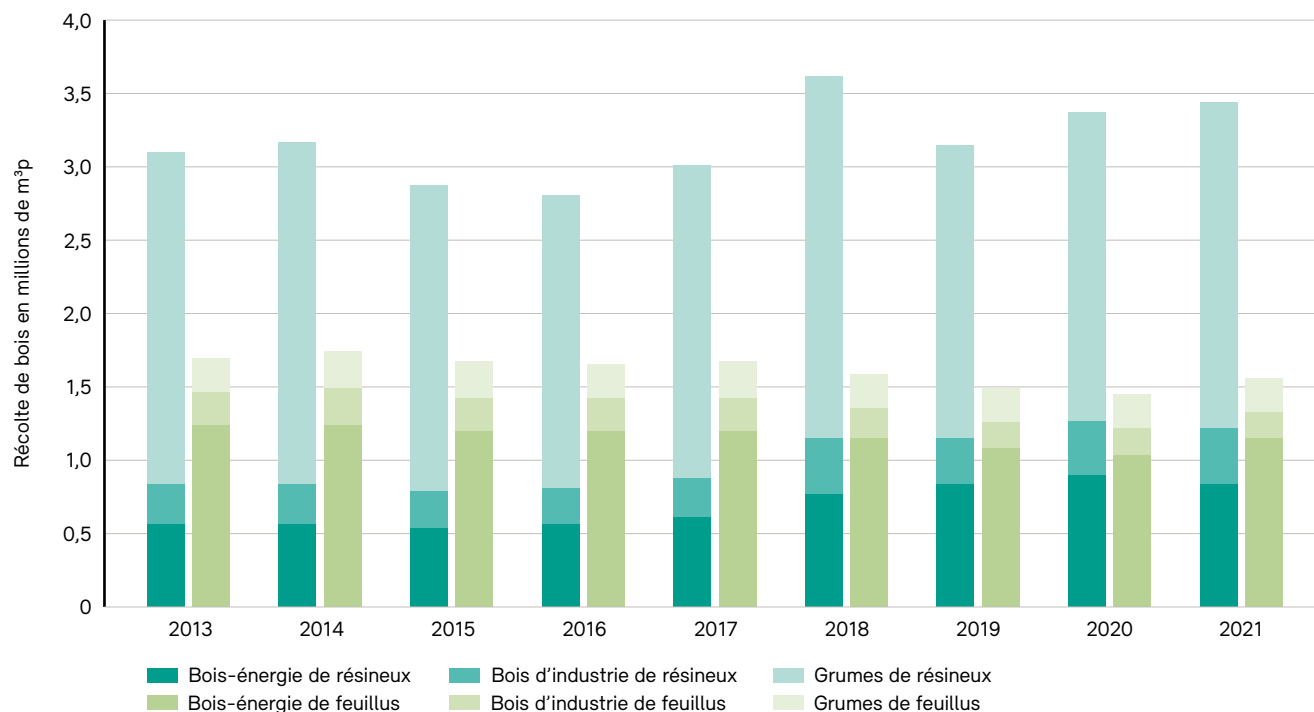
dans la sylviculture, car les stratégies d'adaptation aux changements climatiques nécessitent de maintenir, voire d'augmenter les coupes pour faire de la place aux jeunes arbres (Brang et al. 2016). La tendance à la hausse de la récolte de résineux se poursuivra, la plupart de ces essences, dont l'épicéa, étant sensibles au climat.

Une exploitation accrue du bois est aussi souhaitable du point de vue politique (OFEV 2021b, OFEV 2021c). Elle est indirectement encouragée par des incitations à l'utilisation du bois, l'élimination d'obstacles réglementaires ou encore le co-financement d'installations de câbles-grues et de l'adaptation ou la remise en état de routes forestières (sans nouvelles constructions sauf en forêt protectrice). La hausse de l'exploitation s'inscrit dans la

stratégie d'adaptation aux changements climatiques et contribue ainsi à garantir les fonctions forestières. Mais elle nécessite une bonne coordination avec d'autres instruments de cette stratégie, comme la conservation de la biodiversité. Enfin, l'exploitation du bois soutient la réalisation des objectifs climatiques en matière d'émissions. Les décisions politiques influencent donc la forme et la finalité de l'exploitation future du bois. Au vu des projets de bois-énergie prévus dans de nombreux cantons, il se peut qu'à l'avenir, du bois utilisé jusqu'ici p. ex. dans le bâtiment ou l'ameublement soit brûlé, ce qui irait à l'encontre du principe de cascade de la stratégie nationale pour la forêt et le bois voulant que le bois soit d'abord utilisé comme matériau de plus grande valeur, et seulement ensuite à des fins énergétiques (point 6.7).

Figure 3.2.1

Récolte de bois par assortiment et par essence de 2013 à 2021.



Source : OFS 2022a

3.3 Produits forestiers non ligneux

Jean-Laurent Pfund

- Les produits forestiers non ligneux (PFNL) ont une grande valeur économique et sociale pour la population. La cueillette de champignons est de plus en plus populaire.
- La production de miel et de châtaignes souffre de l'introduction d'agents pathogènes nuisibles aux abeilles et aux châtaigniers.
- Les données quantitatives sont rares, sauf pour la chasse. Elles seraient pourtant importantes pour intégrer les PFNL dans la planification forestière et garantir une utilisation durable et une meilleure valorisation de produits comme les champignons, les châtaignes ou le miel.

Importance et particularités des produits forestiers non ligneux

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) définit les produits forestiers non ligneux (PFNL) comme des « biens d'origine biologique autres que le bois, dérivés des forêts, des autres terres boisées, et des arbres hors forêts » (FAO 1999). Parmi les principaux PFNL en Suisse figurent le gibier, les champignons, le miel, les sapins de Noël et les châtaignes. Leur valeur sociale et économique est généralement sous-estimée. En effet, plus de 1,5 milliard de personnes dans le monde en utilisent ou en font le commerce (Shanley et al. 2016). En Europe, près d'un ménage sur quatre récolte des PFNL (Wolfslehner et al. 2019).

L'économie des PFNL est très complexe. Ils sont très différents par leur origine (espèces animales ou végétales) et leur nature (viande, fruits, fibres, sève, racines). Le volume récolté, la disponibilité dans le temps ainsi que la transformation et la commercialisation varient aussi d'un produit à l'autre. En outre, le droit de disposition des propriétaires forestiers diffère selon le PFNL. Pour en évaluer le potentiel de marché et de développement, une publication générale de l'Institut forestier européen a classé les PFNL en fonction de l'engagement du consommateur dans leur production – de la cueillette de champignons ou de baies à des produits industriels comme le liège, vendus dans les supermarchés presque sans investissement personnel de celui-ci (tab. 3.3.1 ; Wong et Wiersum 2019).

Dans l'enquête auprès de la population du monitoring socioculturel des forêts (WaMos), plus d'une personne sur six a indiqué récolter des PFNL (OFEV 2022d ; point 6.9). Mais les détails des activités de cueillette tels que lieu, quantités, méthodes sont peu étudiés. Contrairement à la chasse, dont les processus sont clairement réglementés, chacun, de par la loi, a libre accès aux forêts et peut y cueillir des fruits et des baies pour son besoin personnel. Des associations ou communautés d'intérêts soutiennent la gestion de certains PFNL, comme les champignons.

Valeur économique et utilisation

Selon les estimations, la valeur annuelle totale des PFNL en Suisse se situe entre 80 et 90 millions de francs (Schmid 2015). On ne dispose de données fiables que pour le gibier, par la statistique de la chasse (OFEV 2023a). Entre 2012 et 2021, les tirs annuels de chevreuils ont été d'un peu plus de 40 000 bêtes, ceux des cerfs ont augmenté et s'élevaient à 13 000 bêtes. En revanche, la chasse aux renards et aux chamois a reculé, et celle des sangliers a varié de façon cyclique d'une année à l'autre entre 8 000 et 12 000 animaux. Le produit de la vente de la viande de la venaison (viande de gibier) des quelque 70 000 chevreuils, chamois, cerfs et sangliers est d'environ 20 millions de francs par an (ChasseSuisse 2017).

La cueillette de champignons est de plus en plus populaire. Selon des estimations pour l'année 2010, elle s'élevait à près de 250 t de bolets, chanterelles et morilles (Limacher et Walker 2012).

La production de miel varie d'une année à l'autre en fonction des pertes hivernales dues à l'activité réduite des abeilles pendant la saison froide. Entre 2005 et 2015, elle se situait dans une fourchette d'environ 2 000 à 4 000 t par an (Charrière et al. 2018). Selon des estimations, quelque 260 t de châtaignes sont aussi récoltées annuellement pour une valeur de 0,5 million de francs (Limacher et Walker 2012). La même étude évalue à près de 1,2 million le nombre de sapins de Noël utilisés par an en Suisse, dont environ 10 %, représentant une valeur de 3,6 millions de francs, sont récoltés dans les forêts suisses. En 2018, la

Tableau 3.3.1

Exemples de produits forestiers non ligneux (PFNL) classés selon l'engagement personnel des consommateurs dans la chaîne de valeur ajoutée du PFNL (vert = engagement élevé ; bleu = engagement moyen ; gris = aucun engagement).

Engagement	Exemples	Type de produits et d'usages	Caractéristiques
Engagement élevé	Récolte de baies et de champignons pour le besoin personnel	Consommation personnelle	Cueillette personnelle et utilisation des PFNL au sein des ménages.
	Confitures de baies sauvages	Cadeau	Récolte et transformation personnelles des PFNL destinés à être offerts au sein de la famille ou à des proches
Engagement moyen	Cours de loisirs en forêt ou avec des PFNL (p. ex. tressage de saule, reconnaissance de traces d'animaux)	Produits liés à une expérience	Achat et utilisation de services et d'offres de loisirs basés sur des PFNL
	Spécialités traditionnelles à base de PFNL commercialisées au niveau local (p. ex. pâtés aux champignons, liqueurs, miel de forêt)	Produits liés à leur région d'origine	Spécialités régionales uniquement disponibles sur les marchés locaux, avec distribution locale ou supralocale
Aucun engagement	Sève de bouleau pour usages thérapeutiques, brosses en poils naturels de sanglier	Produits de niche	Produits destinés à un segment de marché spécialisé mais commercialisés et distribués sans lien régional par des canaux non spécifiques (Internet)
	Liège pour fabriques de liège	Marché de masse / matière première industrielle	Commerce de gros de produits bruts à des fins commerciales

Source : Wong und Wiersum 2019

valeur des sapins de Noël et rameaux importés s'élevait à environ 7,7 millions de francs, avec toutefois une indication de légère baisse de la consommation par ménage ces dernières années (Lehmann 2019).

Menaces écologiques

Avec 10 000 espèces, la Suisse possède une grande diversité de champignons (point 4.1). Si la cueillette ne semble pas avoir d'influence négative sur celle-ci (Egli et al. 2006), les champignons sont eux aussi sensibles à la pollution et à la compaction du sol ainsi qu'au recul et à la fragmentation de leurs habitats (Senn-Irlt et al. 2007). Les abeilles et les châtaignes sont menacées par des agents pathogènes exotiques. L'acarien *Varroa destructor*, introduit d'Asie, pose de graves problèmes à l'apiculture, laquelle est en outre menacée par les résidus de pesticides. Un autre ravageur originaire d'Asie, le cynips du châtaignier, a depuis 2009 des conséquences négatives sur la production de châtaignes.

Perspectives pour une utilisation durable

Le cas des champignons montre que les PFNL pourraient potentiellement évoluer p. ex. vers une intensification de la production, voire une domestication de produits

forestiers. Dans le Piémont, on teste déjà des interventions sylvicoles devant favoriser la croissance de champignons (Taglioferro et al. 2013). Cependant, en Suisse, les propriétaires forestiers n'ont aucun droit de disposition sur les champignons poussant dans leurs forêts. Ils ne peuvent en interdire la cueillette au public, même s'ils font des investissements pour favoriser leur développement. C'est pourquoi une étape suivante pourrait être la production hors forêt de PFNL. Ainsi, en 2021, près de 7000 t de champignons de Paris ont été produites de janvier à octobre, soit environ 13 % de plus que sur la même période des années 2017 à 2020 (Kuhlgatz et Bolliger 2021).

Les PFNL et leur gestion devraient être mieux intégrés dans les réflexions de planification forestière, car ils font partie de l'écosystème forestier et des fonctions de la forêt. Pour garantir la durabilité de leur utilisation, il convient de collecter encore plus de données sur ces produits des forêts suisses.

3.4 Prestations forestières

Oliver Wolf, Christian Temperli

- La forêt fournit une multitude de prestations qui contribuent à la sécurité et au bien-être de la population. Elle remplit les fonctions protectrice, économique et sociale.
- La fourniture de ces prestations occasionne des coûts qui n'ont été que partiellement couverts jusqu'ici. Des indicateurs et des systèmes experts d'évaluation permettent de les mettre en valeur et de les monétiser en vue de leur indemnisation.
- La demande de prestations forestières va encore augmenter au vu de l'évolution des loisirs en forêt. La fourniture de certaines d'entre elles créera probablement des conflits d'objectifs.

Importance des prestations forestières

La forêt suisse fournit de multiples prestations. Elle produit de la biomasse, protège contre les dangers naturels, retire du CO₂ de l'atmosphère et offre un espace de détente. Ses prestations sont donc essentielles non seulement à l'économie forestière et à l'industrie du bois, mais aussi à la sécurité et au bien-être de la population. La notion de prestations forestières, encore en développement, se base à l'origine sur des fonctions écologiques. Elle regroupe diverses prestations d'un milieu naturel sous le terme de services écosystémiques. Les prestations forestières contribuent de différentes manières (tab. 3.4.1) à ce que la forêt puisse remplir ses fonctions, inscrites dans la Constitution comme fonctions protectrice, économique et sociale (art. 77, al. 1). La loi sur les forêts précise le mandat constitutionnel de protection de ces fonctions et la « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 » contribuera à sa mise en œuvre. Cette stratégie responsabilise les différents acteurs pour conserver et améliorer les prestations forestières.

Garantie des prestations forestières

La biodiversité et la résilience de la forêt – soit sa capacité à s'adapter aux transformations et à continuer de remplir ses fonctions face à des pressions comme les changements climatiques – sont essentielles pour que la forêt puisse fournir ses diverses prestations. Cela implique une gestion forestière durable et proche de la nature, comme

la sylviculture adaptative (Glatthorn et al. 2023). La gestion peut aussi comporter une interdiction d'exploitation, excluant toute intervention sylvicole.

Beaucoup de prestations forestières sont des biens publics. Or les mesures qui les rendent possibles occasionnent aux propriétaires forestiers des coûts que le produit de la vente du bois ne suffit pas à couvrir. Actuellement, le taux de couverture des coûts des prestations autres que l'exploitation du bois est d'environ 60 % (Arnold et al. 2020). Seule une valorisation de celles-ci permet d'indemniser les mesures nécessaires à leur fourniture, ou d'y renoncer volontairement en cas de manque de ressources financières. La valorisation signifie la monétisation et le financement de mesures de gestion destinées à la fourniture de prestations forestières.

Quantification et évaluation

La valorisation de prestations forestières se base d'une part sur la quantification et l'évaluation de la prestation, d'autre part sur la demande de la population et de l'économie. Leur calcul pose encore de gros défis liés au manque de données, à des incertitudes d'évaluation et à des questions ouvertes pour la monétarisation. Pour les quantifier et les évaluer, on recourt à des indicateurs et à des systèmes experts d'évaluation. Les indicateurs relient des valeurs mesurables – p. ex. la structure forestière – aux prestations correspondantes de la forêt – p. ex. la détente (Bernasconi et al. 2022). Les systèmes d'indicateurs et d'évaluation combinés avec des modèles de développement forestier servent à analyser des scénarios de gestion. Ils peuvent aussi mettre en évidence des conflits d'objectifs, p. ex. entre des prestations forestières et des stratégies de gestion des changements climatiques (Thrippleton et al. 2021). Une fois relevées et documentées, les prestations forestières peuvent être communiquées clairement et soutenir les décisions politiques.

Synergies et conflits d'objectifs

Des défis globaux comme les changements climatiques et le recul de la biodiversité, de même que l'évolution vers une économie et un approvisionnement énergétique durables, vont encore accroître la demande en prestations forestières

(Ohmura et al. 2023). Si certaines sont complémentaires, comme la séquestration du carbone et la conservation d'îlots de sénescence, d'autres risquent de se concurrencer, comme la production de bois et une éventuelle nécessaire renonciation à l'exploitation (Blatter et al. 2020). Un conflit d'objectif menace aussi entre des prestations forestières et les efforts de réduction de la vulnérabilité des forêts aux perturbations. Des mesures comme le raccourcissement des révolutions ou des interventions plus fréquentes dans

les peuplements, qui diminuent cette vulnérabilité, se heurtent selon le contexte à des mesures de conservation de la diversité, comme le maintien d'îlots de sénescence (Temperli et al. 2020). Pour limiter ces conflits, il convient d'évaluer soigneusement les différents facteurs et leurs interactions. La prise en compte de toutes les prestations dans la planification forestière, au sens d'une gestion intégrative, est indispensable pour créer des synergies et pouvoir indemniser et ainsi garantir durablement les prestations.

Tableau 3.4.1

Fonctions de la forêt et ses prestations (T = Typologie des services écosystémiques selon Common International Classification of Ecosystem Services, A = Services d'approvisionnement, R = Services de régulation, C = Services culturels).

Fonctions de la forêt	Prestations forestières	T	Points du RF 2025
Fonction économique	Production de biomasse matérielle (grumes, bois d'industrie)	A	1.2, 3.2, 6.7
	Production de biomasse énergétique (bois-énergie)	A	3.2, 6.7
	Production de produits forestiers non ligneux (p. ex. baies, champignons, plantes médicinales ou gibier)	A	3.3
Fonction protectrice	Protection de la population et des biens d'une valeur notable contre les dangers naturels gravitaires (glissements, chutes de pierres, avalanches, charriage et apports de bois flottant dans des cours d'eau)	R	5.1
Fonction sociale : Détente et santé	Espace de loisirs et de détente ainsi que de stimulation et de développement sensoriels	C	6.9
	Espace d'aventure et de pratique sportive	C	6.9
	Inspiration et espace culturels et artistiques ; héritage culturel (p. ex. monument, formes rares de gestion des forêts)	C	6.10
	Inspiration et espace spirituels et religieux ; lieu d'inhumation	C	6.10
	Régulation du climat et microclimat ; absorption de polluants atmosphériques (p. ex. poussières) ; production d'oxygène	R	2.1
	Façonnement du paysage et expériences esthétiques	C	4.7
	Fourniture d'eau potable, filtration de l'eau	A	5.2
	Réduction des atteintes (p. ex. bruit)	R	
Fonction sociale : Habitat pour la faune et la flore	Création de valeurs et de milieux naturels	R	4.1, 4.9
	Habitat pour des espèces indigènes et, à ce titre, base pour la régulation des organismes nuisibles ainsi que pour la pollinisation	R	4.1, 4.8, 4.9
	Maintien des cycles des éléments nutritifs ; régulation des cycles naturels	R	
Fonction sociale : Autres fonctions	Régulation hydrologique, stockage et rétention de l'eau	R	5.2
	Séquestration et stockage du carbone dans la forêt ainsi que stockage du carbone dans le bois	R	1.4
	Mise à disposition de ressources génétiques (p. ex. graines, matériel forestier de reproduction)	A	4.6
	Pédogénèse et stabilisation des sols	R	2.2
	Mise à disposition de minéraux et d'autres produits abiotiques	A	2.2
	Assainissement biologique au moyen de microorganismes ; dégradation physique de polluants	R	
	Objet de formation et de recherche ainsi que de vulgarisation scientifique ; espace de découverte pour l'éducation à l'environnement	C	6.11

Source : OFEV 2022e

3.5 Planification forestière, certification et réglementations du commerce pour la protection contre la déforestation

Roberto Bolgè, Leo G. Bont, Olivier Schneider, Matthias Biolley

- La planification forestière en Suisse prend de plus en plus d'importance en raison des exigences accrues envers la forêt et des effets des changements climatiques.
- Les progrès de la numérisation et de la télédétection et des systèmes décisionnels mathématiques permettent d'optimiser les bases de planification à long terme d'une économie forestière durable, économique et écologique.
- La menace que les défrichements, surtout au profit de terres agricoles, et l'abattage illégal d'arbres font peser sur les forêts dans le monde ont amené l'Union européenne, les États-Unis, l'Australie, le Japon et la Suisse à renforcer la réglementation légale du commerce des matières premières et produits liés à la déforestation.

Bases légales de la planification forestière

Les compétences en matière de planification forestière sont inscrites dans la loi sur les forêts (art. 20, al. 2), et concrétisées et appliquées au niveau cantonal. Introduit au début des années 1990 lors de la révision totale de cette loi, le système actuel prévoit deux niveaux de planification : celui des autorités, qui coordonnent les fonctions forestières avec les plans directeurs forestiers (PDF), et celui des propriétaires forestiers, qui organisent la gestion des forêts à l'aide de plans de gestion (Bachmann 2005). Cette stratégie à deux niveaux a fait ses preuves. D'autres instruments de planification ont été introduits pour relever les défis actuels de l'économie forestière et de l'industrie du bois. Un rapport d'évaluation sur l'optimisation de la politique forestière montre que les cantons ont notamment développé leurs propres stratégies ou principes directeurs en plus du PDF (Lieberherr et al. 2023).

La coordination entre planification forestière et aménagement du territoire est devenue une priorité. Elle est formellement bien définie dans les lois sur les forêts et sur l'aménagement du territoire quant à la séparation des compétences. Mais son application pratique risque de créer des conflits d'intérêts, surtout par rapport à l'objectif de conservation de la forêt, qui peut se heurter à celui de

l'utilisation du territoire (point 1.1). Une bonne coordination entre la forêt et d'autres formes d'utilisations du territoire est très importante pour le maintien de la forêt et la mise en réseau écologique.

Collecte des données et numérisation

Les progrès en matière de collecte et de traitement des données influencent la planification forestière moderne. Grâce à la télédétection et à la numérisation, les informations nécessaires sur l'état et le développement de la forêt sont plus rapidement disponibles et d'une meilleure qualité qu'auparavant. Comme la planification devient de plus en plus complexe et doit tenir compte de nombreuses prestations forestières et des défis que posent les changements climatiques, la qualité et l'interprétation des données collectées prendront une importance accrue (fig. 3.5.1). Aussi l'un des futurs axes de recherche réside-t-il dans l'interprétation des données, p. ex. à l'aide d'inventaires modernes en deux phases ou de cartes de peuplements créées automatiquement, ainsi que dans l'intégration et l'évaluation des services écosystémiques. À

Figure 3.5.1

Inventaire forestier dans la Ramerenwald à Birmensdorf (ZH) automatisé au moyen d'un scanner laser terrestre stationnaire Leica BLK360. Les données des nuages de points ont été colorées avec l'information RVB (rouge-vert-bleu) de la caméra intégrée. Les troncs d'arbres automatiquement détectés sont mis en évidence en rouge.



Source : Daniel Kükenbrink (WSL)

l'avenir, la planification forestière pourra s'appuyer sur des visualisations sophistiquées (forêt virtuelle) et des systèmes d'aide à la décision avec optimisation mathématique qui modélisent l'évolution de la forêt selon différents scénarios climatiques et de gestion.

Certificats et labels

Dans la forêt suisse, l'abattage illégal est insignifiant. Mais dans beaucoup de pays du monde, c'est un problème aux nombreuses conséquences négatives pour les écosystèmes, la société et l'économie. Plusieurs mesures visant à limiter le commerce de bois abattu illégalement ont été prises sur le plan national et international, dont la certification de la forêt et du bois sur une base volontaire. Celle-ci garantit une sylviculture respectueuse de l'environnement, socialement acceptable et supportable sur le plan économique. Un nombre grandissant de consommateurs soucieux de l'environnement achètent des produits en bois labellisé. C'est pourquoi beaucoup de vendeurs misent sur le bois certifié pour fidéliser cette clientèle.

Deux systèmes de certification sont utilisés en Suisse : le FSC (Forest Stewardship Council) et le PEFC (Programme de reconnaissance des certifications forestières). Ils se basent sur des normes nationales et fixent différentes exigences pour la gestion forestière, le contrôle du flux des matières et l'organisation de l'exploitation. En 2022, 192 millions d'ha de forêt étaient certifiés par le label FSC et 290 millions par le label PEFC dans le monde, soit resp. 5 % et 7 % de la surface forestière mondiale. En Suisse, les premières forêts ont été certifiées en 1998 (FSC). En 2022, 26 % des 1,31 million d'ha de forêt au total étaient certifiés avec le label FSC (FSC 2023) et 18 % avec les deux labels FSC et PEFC (PEFC 2023). La surface certifiée a culminé à 54 % en 2013. Depuis lors, la part de forêt certifiée a diminué d'environ 10 %. Ce recul s'explique notamment par le fait que des propriétaires ont renoncé à renouveler la certification en raison des coûts associés et du manque de plus-value économique. Dans les 24 cantons (87 % de l'aire forestière suisse) ayant publié la proportion de surface certifiée, 65 % des forêts publiques sont certifiées, contre seulement 16 % des forêts privées.

Les entreprises de transformation du bois dont les produits contiennent au moins 80 % de bois suisse peuvent en outre se faire certifier avec le label « Bois suisse ». Toute la surface forestière suisse porte le label « Bois suisse ».

Réglementations légales du commerce pour la protection contre la déforestation

Entrée en vigueur en 2022, l'ordonnance sur le commerce du bois (OCBo ; RS 814.021) interdit la mise sur le marché de bois issus d'une récolte ou d'un commerce illégaux. L'OCBo exécute ainsi le règlement sur le bois européen (RBUE, 955/2010), en vigueur depuis 2013, et est considérée comme une réglementation équivalente. Les deux visent à exclure le bois illégal du marché européen. Elles concernent surtout les commerçants et les propriétaires de forêt. Les entreprises qui mettent pour la première fois sur le marché du bois ou des produits en bois sont tenues à une diligence particulière. Elles doivent prouver que les risques d'une commercialisation de bois illégal ont été réduits à un niveau négligeable, et mettre en place un système de diligence régulièrement mis à jour. Les certifications peuvent couvrir une partie de ce devoir de diligence. L'OCBo s'applique aussi bien aux produits indigènes qu'à la marchandise importée.

En Suisse, la déclaration obligatoire concernant le bois et les produits en bois (RS 944.021), déjà en vigueur depuis 2010, vise surtout les entreprises qui remettent des produits en bois directement aux consommateurs. La déclaration doit indiquer l'espèce et la provenance du bois brut et des produits semi-finis ou finis en bois massif ou présentant une forte proportion de bois massif. L'obligation de déclarer s'applique là aussi aux produits indigènes et à la marchandise importée.

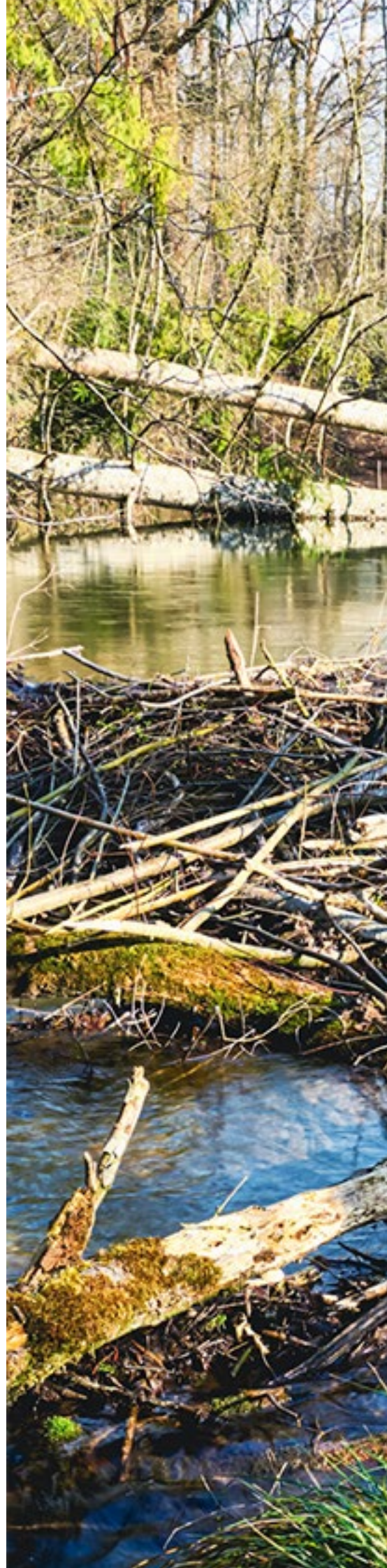
Le règlement relatif aux chaînes d'approvisionnement « zéro déforestation » (EUDR 2023/1115) sera appliqué à partir de 2025 dans l'UE. Les produits de base et les produits (dérivés) pouvant être liés à la déforestation, dont le soja, l'huile de palme, la viande de bœuf, le café, le cacao, le caoutchouc ainsi que le bois, sont soumis à un devoir de diligence, surtout s'ils proviennent de régions tropicales. Ils ne peuvent être mis sur le marché que s'il est prouvé qu'ils ont été produits sur des terres qui n'ont pas fait l'objet de déforestation après décembre 2020.

4

Biodiversité

Les zones humides sont des milieux forestiers particulièrement précieux pour la diversité des espèces, mais très menacés dans certaines régions.

Photo : OFEV







4 Biodiversité

Martina Peter, Timothy Thrippleton, Claudio de Sassi

Durant la dernière décennie, la biodiversité s'est légèrement améliorée en forêt. Dans l'ensemble, elle se porte et évolue mieux ici qu'en milieux ouverts. La diversité des espèces de mollusques, de mousses et d'arbres et les populations de la plupart des oiseaux forestiers ont augmenté. La situation des espèces forestières menacées est restée stable ou s'est légèrement améliorée. Ces progrès résultent de l'évolution favorable de l'écosystème global. Les peuplements peu naturels ont reculé, tandis que la diversité structurelle et le volume de bois mort ont augmenté. Les réserves forestières se rapprochent de l'objectif de 10 % de la surface forestière. Toutefois, des déficits subsistent au niveau régional : sur le Plateau, 70 % des peuplements comportent une part peu naturelle d'épicéas et sont vulnérables aux perturbations ; en outre, 41 % des associations forestières, habitats de nombreuses espèces, sont menacées. Une diversité génétique élevée des arbres offrirait un avantage en vue de l'adaptation de la forêt aux changements climatiques, ce qui devrait être pris en compte dans les stratégies sylvicoles. Les opportunités et les risques de la culture d'essences non indigènes et d'une exploitation accrue de bois-énergie sont à évaluer avec soin au regard de leurs conséquences pour la biodiversité. La biodiversité est à la base de la résilience de la forêt et donc indispensable au maintien des fonctions forestières. Les changements climatiques constituent un réel défi pour sa conservation. La mise en réseau des forêts dans le paysage pour renforcer la capacité d'adaptation des biocénoses prend ainsi une importance accrue.

4.1 Diversité des espèces

Kurt Bollmann, Silvia Stofer, Meinrad Abegg, Timothy Thrippleton

- La composition en essences change dans la forêt suisse. Le frêne et le châtaignier sont en recul, l'érable, l'arole et le nombre moyen d'espèces de mousses et de mollusques augmentent.
- Environ 40 % des espèces animales et végétales de Suisse vivent en forêt, avec une part particulièrement élevée chez les lichens, les champignons supérieurs, les chauves-souris et les capricornes.
- Le recul du frêne affectera les biocénoses qui lui sont associées, comme les lichens, les mousses et les champignons. En outre, les changements climatiques, les néophytes envahissantes et les dépôts atmosphériques azotés continueront de transformer la composition en essences des forêts.

Évolution des essences dans la forêt suisse

Avec sa topographie variée et ses fortes différences d'altitude, la Suisse présente une grande diversité de stations, qui se reflète dans la richesse de sa flore, y compris en forêt. Près de 700 plantes vasculaires sont considérées comme des espèces forestières typiques, dont 39 essences indigènes de feuillus et sept de résineux (Rudow 2014). Les forêts suisses comptent trois essences dominantes constituant environ deux tiers des arbres : l'épicéa (36 %), le hêtre (18 %) et le sapin (11 %). La composition en essences diffère toutefois beaucoup selon l'altitude et la région. Ainsi, le châtaignier est très fréquent dans le sud des Alpes (15 %).

Le changement de la composition des peuplements forestiers en Suisse résulte de diverses causes : succession naturelle, nouvelles conditions climatiques, organismes nuisibles, perturbations et gestion forestière. Selon le relevé du nombre de tiges, l'érable a progressé de 1,4 % et l'arole de 1,1 % par an entre le quatrième et le cinquième Inventaire forestier national (IFN4 2009–2017 à IFN5 2018–2022), tandis que l'épicéa accusait un recul de 0,5 % par an sur la même période (fig. 4.1.1 ; Abegg et al. 2023). L'épicéa étant de loin l'essence la plus fréquente en Suisse, sa diminution contribue le plus au changement. Le châtaignier a enregistré le plus fort recul en nombre de tiges. Cependant, son volume n'a

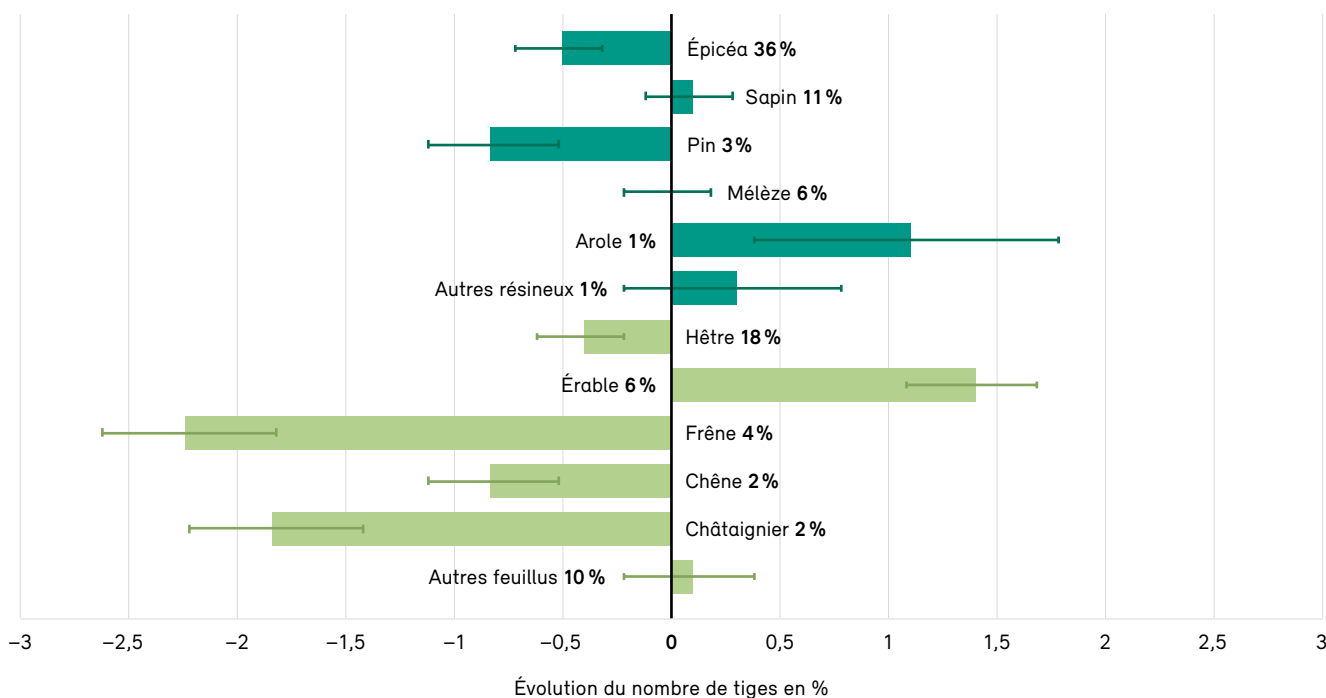
presque pas changé, car la plupart des arbres qui ont péri étaient de petit diamètre, alors que le nombre de gros arbres est resté stable et leur volume a augmenté. Un effet semblable a été relevé dans une moindre mesure chez le hêtre et le chêne, qui ont diminué respectivement de 0,4 % et de 0,8 % par an. Le pin sylvestre a reculé presque partout de façon marquée, voire très marquée dans les régions de l'ouest du Plateau et du nord-est des Alpes (4 % par an).

Au niveau suisse, c'est le frêne qui enregistre la plus forte diminution (– 2,2 % par an). Il a souffert du dépérissement des pousses du frêne, causé par le champignon parasite *Hymenoscyphus fraxineus*, introduit d'Asie de l'Est. Une exception s'observe dans le sud des Alpes, où il a légèrement augmenté.

Le recul du frêne a des conséquences pour l'économie forestière et la diversité spécifique. Cette essence offre un habitat à un grand nombre d'espèces de mollusques, d'insectes et surtout d'organismes sans fleurs (cryptogames) comme les mousses, les lichens et les champignons. En Suisse, environ 150 espèces de mousses, plus de 450 de lichens épiphytes et environ 850 de champignons saprophytes ou parasites ont été observés sur des frênes (Swissbryophytes ; SwissLichens ; SwissFungi). Le frêne se distingue des autres feuillus indigènes par le pH neutre de son écorce, qui en fait un habitat privilégié en particulier pour les lichens épiphytes. Les conséquences de son recul à grande échelle sur le développement de ces espèces sont encore difficiles à évaluer. Les exemplaires sains ou peu atteints doivent être conservés et favorisés afin qu'ils puissent transmettre à de futures générations d'arbres une possible résistance au champignon responsable du dépérissement des pousses du frêne (Rigling et al. 2016). Des recherches montrent que les frênes résistants au dépérissement supportent aussi mieux l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) introduit (Gossner et al. 2023).

Figure 4.1.1

Gains et pertes en nombre de tiges d'arbres vifs à partir de 12 cm de diamètre à hauteur de poitrine, par essence principale, entre l'IFN4 (2009-2017) et l'IFN5 (2018-2022). Les pourcentages indiquent la part du nombre de tiges au niveau suisse.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

Composition en essences au sein des peuplements

Outre une diversité spécifique globalement élevée, un mélange varié d'essences est un atout face aux changements climatiques, car il répartit le risque d'intolérance au stress sur plusieurs espèces (Brändli et Bollmann 2015). La strate arborée a peu changé durant la dernière décennie. La part de peuplements monospécifiques a légèrement baissé à 17 % de la surface forestière. Elle est nettement inférieure à la moyenne européenne, de 33 % (Forest Europe 2020). Pour les espèces ligneuses à partir de 40 cm de haut, la tendance positive de la période précédente s'est poursuivie. Leur nombre est passé à 6,7 par 200 m² en moyenne. La même évolution s'observe dans les lisières. Zones de transition entre différents milieux naturels, celles-ci jouent un rôle important pour la diversité des espèces. Selon des estimations de l'IFN, leur longueur totale en Suisse est de 115 000 km (Bändli et al. 2020). Les lisières peu diversifiées (maximum 5 espèces observées par 50 m de lisière) ont reculé à 4,5 % du total de lisières, celles très diversifiées (16 espèces ou plus par 50 m de lisière) ont progressé à 34,1 %.

De 2008 à 2020, des mesures ciblées d'une part de conservation de la biodiversité par l'entretien de lisières et la valorisation d'habitats et d'autre part de soutien de formes d'exploitation traditionnelles comme les pâtures boisées et les sèves, ont été mises en œuvre sur une surface totale de plus de 25 000 ha dans le cadre de conventions-programmes conclues entre la Confédération et les cantons (Stadler et de Sassi 2021). Les mesures, p. ex. pour la conservation de ces formes d'exploitation et de leur biodiversité particulière, sont indispensables. Il est démontré qu'elles favorisent la biodiversité locale (Bühler et Roth 2021). L'évolution positive de la biodiversité sur l'ensemble de l'aire forestière est principalement due à l'amélioration de l'écosystème global, pour laquelle la sylviculture proche de la nature joue un rôle clé.

Diversité d'autres groupes d'espèces

La forêt est très riche en espèces par rapport à sa surface. Environ 40 % des quelque 56 000 espèces identifiées en Suisse vivent en forêt ou en sont tributaires. Leur part varie toutefois selon les groupes d'organismes : elle est supérieure

à la moyenne chez les chauves-souris, les capricornes, les champignons supérieurs et les lichens, où elle dépasse 80 % (Brändli und Bollmann 2015), mais nettement inférieure chez les plantes vasculaires indigènes (moins de 25 %). Sur les quelque 6000 champignons supérieurs décrits en Suisse, 3650 sont classés parmi les espèces forestières, et 428 espèces de mousses, 130 de mollusques et 27 de papillons et de zygènes sont régulièrement observées dans ou à proximité de la forêt. Même si la proportion d'oiseaux nicheurs menacés en forêt (9 espèces sur 59) est nettement inférieure à la moyenne suisse, certaines espèces, comme la bécasse des bois, la tourterelle des bois, le pic cendré, le pipit des arbres, le pouillot siffleur et le venturon montagnard, voient leur population diminuer (Knaus et al. 2021 ; point 4.10).

Évolution de certains groupes d'organismes

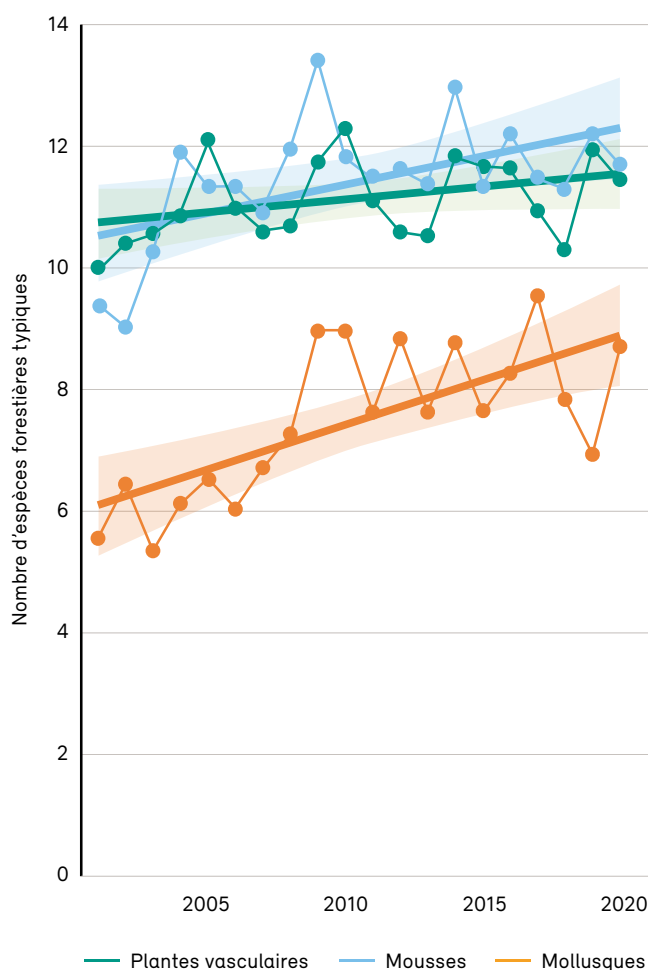
Le Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) montre qu'entre 2000 et 2020, la diversité spécifique des mollusques et des mousses des forêts n'a cessé d'augmenter sur les surfaces forestières étudiées (OFEV 2014 ; fig. 4.1.2). Pour les mollusques, la hausse concerne le nombre aussi bien d'espèces que d'individus. L'augmentation du nombre d'individus est directement liée à celle de l'offre en bois mort (point 4.5). Dans les placettes du MBD où les peuplements se sont densifiés et assombris, la diversité spécifique des mousses a progressé. Outre les changements structuraux, la disponibilité accrue de nutriments associée à la baisse de la charge en dioxyde de soufre a sans doute aussi favorisé leur diversité (Birrer et al. 2022).

En revanche, la diversité globale des plantes vasculaires n'a pas significativement évolué (fig. 4.1.2). Si le nombre de plantes forestières observées a diminué sur les placettes du MBD où les peuplements se sont densifiés, le recul de la part de résineux aux étages de végétation typiques des forêts feuillues (collinéen et montagnard) a entraîné une hausse de la diversité des plantes vasculaires (Birrer et al. 2022).

Pour des raisons méthodologiques, le MBD ne peut pas montrer de tendances pour des espèces ayant des exigences d'habitat particulières en lumière, en eau, en nutriments ou en bois mort. Il faudrait à cet égard des études complémentaires. Un relevé de la situation des fourmis des bois avait été effectué lors de l'IFN4

Figure 4.1.2

Évolution de la diversité spécifique des plantes vasculaires, des mollusques et des mousses des forêts sur 564 placettes du MBD de 10 m². Les droites indiquent la tendance avec un intervalle de confiance de 95 %.



Source : Birrer et al. 2022

(Wermelinger et al. 2019). Il en est ressorti que les fourmis préfèrent des groupes d'arbres clairsemés plutôt qu'une couverture fermée, et aiment les forêts riches en résineux. Une placette sur vingt de l'IFN comportait des fourmilières. Neuf fourmilières sur dix se situaient dans l'aire naturelle de répartition des forêts de résineux. Les fourmis étaient deux fois plus fréquentes dans les réserves forestières naturelles (RFN) que dans les réserves forestières spéciales (RFS) (Brändli et al. 2020), car les RFN se trouvent en moyenne à une altitude plus élevée que les RFS, c'est-à-dire à une altitude où l'on rencontre plus souvent des forêts naturelles de résineux (point 4.9).

Populations de gibier

La situation des ongulés est favorable en Suisse. Le chevreuil est répandu depuis les zones inférieures jusqu'au-delà de la limite supérieure de la forêt. En 2021, sa population était estimée à 135 000 individus (OFEV 2023a). Le cerf élaphe, avec environ 39 000 animaux, a augmenté de 27 % durant la dernière décennie et poursuivi sa progression dans les Préalpes centrales et occidentales, quelques individus poussant même jusque sur le Plateau. La population de chamois s'est stabilisée à 91 000 individus. Il n'existe pas d'estimations fiables pour le sanglier. Il est probable qu'il profite des changements climatiques et étende son aire de répartition vers les Préalpes. Les grands prédateurs comme le loup et le lynx profitent des populations élevées d'ongulés. Le lynx s'est établi dans le Jura et dans les Alpes occidentales et centrales, et progresse vers les Alpes centrales orientales. Les populations de loups ont considérablement augmenté. En 2023, environ 240 individus vivaient dans 23 meutes, surtout dans les Alpes et le Jura occidental (KORA 2023). Entre-temps, quelques loups ont aussi été observés sur le Plateau. Dans certaines régions, l'accroissement des populations d'ongulés et de grands prédateurs devrait se poursuivre durant la prochaine décennie.

Impacts des changements climatiques

Dans l'ensemble, la diversité des arbres et de nombreuses autres espèces forestières évolue favorablement. Cependant, l'exemple du frêne montre que beaucoup d'espèces sont directement ou indirectement interdépendantes. Les structures complexes de l'écosystème forestier sont vulnérables aux changements climatiques (point 2.5), à l'extension de néophytes envahissantes (point 4.4) ou à des dépôts atmosphériques excessifs d'azote (point 2.1). Les changements climatiques pourraient ainsi non seulement provoquer des déplacements d'espèces vers des régions plus élevées, mais aussi modifier des interactions entre groupes d'espèces, p. ex. entre plantes à fleurs et insectes. Ces effets peuvent menacer des espèces spécialisées dépendantes de milieux naturels rares ou d'autres espèces (point 4.8).

4.2 Régénération

Barbara Moser, Meinrad Abegg, Andrea D. Kupferschmid, Petia Nikolova, Daniel Scherrer, Timothy Thrippleton, Robert Jenni

- La densité des jeunes arbres a diminué durant la dernière décennie, les surfaces de régénération créées par les tempêtes Vivian et Lothar ayant été recolonisées entre-temps. Dans de nombreuses régions, l'abroustissement influence lui aussi la composition en espèces et réduit la densité du rajeunissement. Les peuplements de frênes dans le nord des Alpes et de châtaigniers au Tessin ont diminué tant pour le recrû que pour les arbres adultes.
- Dans les forêts suisses, la régénération naturelle représente 90,9 % de la surface totale de régénération. Cette prédominance reflète les avantages économiques et écologiques de sa mise en œuvre dans la sylviculture proche de la nature.
- Une régénération riche en espèces est nécessaire pour garantir la résilience de la forêt lors de perturbations et sa capacité d'adaptation aux changements climatiques.

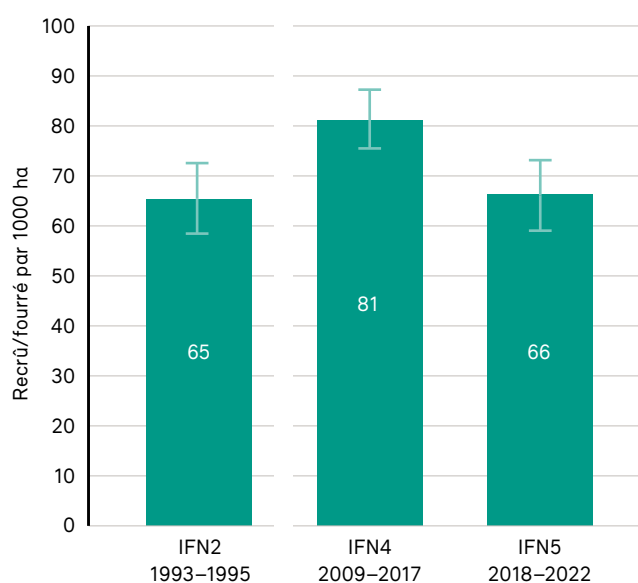
Évolution des surfaces de régénération

La régénération permet aux forêts de s'adapter à l'évolution des conditions environnementales. La sylviculture proche de la nature donne la priorité à la régénération naturelle. Par rapport aux plantations artificielles, elle présente l'avantage écologique de favoriser la diversité génétique et structurelle, et l'avantage économique d'éviter les coûts d'obtention des semences. La part de régénération naturelle sur l'ensemble de la régénération a légèrement augmenté entre le quatrième et le cinquième IFN (IFN4 2009-2017 à IFN5 2018-2022) pour atteindre 90,9 %.

Les jeunes arbres peuvent s'établir en forêt lorsque les conditions environnementales sont favorables à la germination et au développement des plantules. C'est surtout le cas dans les clairières, où les plantes ont suffisamment de lumière pour leur croissance. Les tempêtes Vivian (1990) et Lothar (1999) avaient créé de nombreuses trouées temporaires, qui ont entraîné une hausse des surfaces de régénération, en particulier sur le Plateau, dans les Préalpes et dans les Alpes (fig. 4.2.1). Entre-temps, la succession y est bien avancée, de sorte que les zones ouvertes ont reculé. Durant

Figure 4.2.1

Surface totale de peuplements aux stades de développement recrû/fourré dans les IFN2, IFN4 et IFN5.



Source : IFN

la dernière décennie, la densité des jeunes hêtres et épicéas est ainsi retombée au niveau de 1995 (IFN2 1993-1995). La densité des jeunes chênes est restée stable, celle des jeunes sapins blancs a encore augmenté depuis l'IFN4 dans le Jura (+ 20 %), sur le Plateau (+ 22 %) et dans les Préalpes (+ 56 %). Quant au frêne, la densité des jeunes arbres a diminué dans le Jura (– 18 %), sur le Plateau (– 46 %) et dans les Préalpes (– 43 %), mais est restée stable dans les Alpes et le sud des Alpes. Le recul est probablement la conséquence du dépérissement des pousses du frêne (Dubach et al. 2023 ; point 2.4). Les valeurs de régénération du châtaignier ont diminué de façon continue depuis 1995, mais dans une moindre mesure depuis 2015.

Diversité de la régénération et facteurs préjudiciables

La diversité de la régénération – au niveau tant de la composition en essences que de la diversité génétique et structurelle – favorise la capacité d'adaptation aux

changements climatiques (Pluess et al. 2016). Une régénération abondante en érable plane et en chêne à basse altitude ainsi qu'en érable sycomore et en sapin blanc à moyenne altitude est souhaitable. Il s'agit en effet d'essences considérées d'avenir, car elles prendront plus d'importance avec les modifications attendues des conditions stationnelles. Pour obtenir une forêt adaptée au climat, elles devraient remplacer graduellement les peuplements purs de hêtres ou les cultures d'épicéas non adaptées au milieu (Temperli et al. 2023). Il convient aussi de favoriser différentes essences indigènes encore rares, comme le sorbier domestique, l'alisier torminal ou l'érable à feuilles d'obier, particulièrement précieuses pour l'adaptation aux changements climatiques et la biodiversité en forêt.

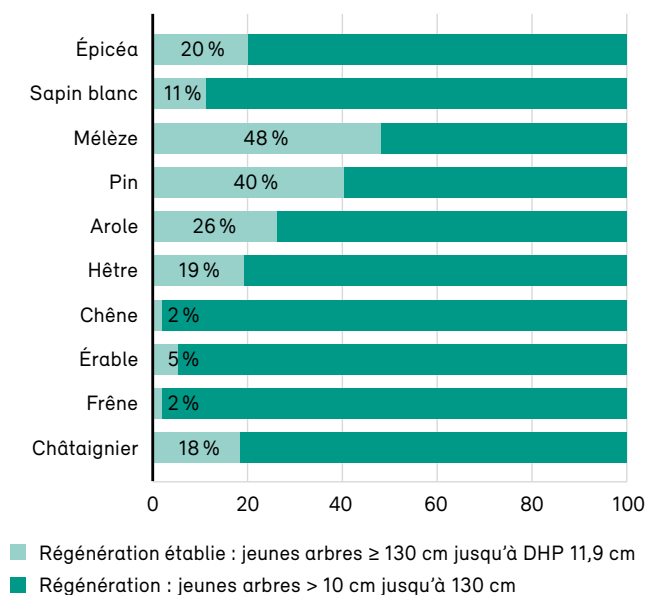
Jusqu'à ce qu'ils atteignent la strate arborée, les jeunes arbres sont exposés à de nombreux facteurs préjudiciables tels que gel, chaleur, sécheresse ou ombrage. À cela s'ajoutent la concurrence de la végétation, les maladies ou l'abroustissement. La mortalité élevée chez les jeunes arbres est causée par divers facteurs naturels, comme un manque de lumière dû à l'envahissement par la végétation des surfaces de régénération. Dans bien des régions, l'abroustissement par les ongulés sauvages perturbe aussi la régénération naturelle (Imesch et al. 2015). Il peut modifier le mélange d'essences lorsque les populations de gibier sont en déséquilibre avec la capacité d'habitat ou que des perturbations influencent négativement leur répartition spatiale.

Régénération établie

Sur les placettes de l'IFN, les arbres de plus de 10 cm de haut et de moins de 12 cm de diamètre à hauteur de poitrine à 1,3 m (DHP) sont recensés en tant que jeunes arbres. Plus ils sont hauts, plus ils sont robustes. Lorsqu'ils dépassent 1,3 m, ils sont considérés comme régénération établie, car ils ont pris le dessus sur la végétation concurrente. En outre, leur pousse principale est hors d'atteinte du gibier (Ott et al. 1991). La part de régénération établie sur le nombre total de jeunes arbres est un indicateur important d'une régénération durable. Elle est naturellement élevée chez des essences pionnières héliophiles comme le mélèze (48 %) et le pin (40 %) (fig. 4.2.2), qui poussent rapidement en hauteur après le semis. En revanche, l'épicéa et le hêtre, dont la croissance initiale est lente, sont plus longtemps exposés

Figure 4.2.2

Proportion de régénération établie sur la régénération totale, par essence, 2022. Plus la proportion est élevée, plus la régénération est réussie.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

à des facteurs préjudiciables, et donc proportionnellement moins nombreux à s'établir (resp. 20 % et 19 %). Lorsqu'une essence est régulièrement touchée par des maladies, des ravageurs ou l'abroustissement, cette proportion diminue. Une faible part de régénération établie, surtout chez des essences comme le chêne et l'érable, pourrait menacer des services écosystémiques recherchés et doit donc être surveillée de près.

Grâce aux études de l'évolution de la végétation après les tempêtes Vivian et Lothar, les connaissances sur la dynamique de la régénération ont fait des progrès décisifs (Wohlgemuth et Kramer 2015). En outre, les données disponibles aujourd'hui sur le rajeunissement sont plus nombreuses. Elles indiquent que chez certaines essences, l'abroustissement pourrait être la principale cause de la faible part de régénération établie. Cependant, on manque encore de données suffisamment robustes sur cette dernière pour définir des valeurs cibles basées sur la station et sur les espèces qui permettraient de garantir à long terme les fonctions de la forêt.

4.3 Caractère naturel

Daniel Scherrer, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Timothy Thrippleton

- Environ 20 % des forêts sont inexploitées depuis plus de 50 ans. La plupart se trouvent dans les Alpes, où elles occupent 46 % de l'aire forestière, suivies des Préalpes (36 %). Sur le Plateau en revanche, 97 % des forêts ont été exploitées au cours des 50 dernières années.
- Les peuplements peu naturels ont encore diminué. Mais les forêts en phase de sénescence, particulièrement précieuses pour la biodiversité, font encore défaut, surtout à basse altitude.
- Sur le Plateau, moins de 30 % de l'aire forestière présente un caractère naturel. La part élevée de forêts peu naturelles accroît les risques, car ces peuplements sont plus vulnérables aux perturbations dues à la sécheresse et aux organismes nuisibles, dont la fréquence augmentera avec la progression des changements climatiques.

Forêts primaires et forêts naturelles

Une forêt primaire est une forêt dans laquelle les exploitations passées ne sont pas connues ou sont si anciennes qu'elles n'ont plus d'influence sur sa structure et sa composition. Elle diffère des forêts exploitées par sa structure d'âge et la fréquence de différentes essences. Elle renferme aussi plus de bois mort. Les forêts primaires sont un habitat irremplaçable pour beaucoup d'espèces végétales et animales, surtout celles sensibles aux dérangements ou vivant dans le vieux bois ou le bois mort (point 4.5).

En Europe, les forêts primaires couvrent 2,2 % de l'aire forestière totale. La plupart se trouvent dans des régions reculées aux conditions climatiques ou topographiques souvent extrêmes (Forest Europe 2020). En Suisse, les deux forêts primaires de Derborence (VS) et de Scatlè (GR) n'occupent plus qu'environ 30 ha, soit moins de 0,01 % de l'aire forestière suisse (Brang et al. 2011).

Les forêts naturelles sont d'anciennes forêts cultivées issues de régénération naturelle, dont le mélange d'essences est proche de l'état naturel et qui se développent depuis

longtemps sans intervention humaine (Brang et al. 2011). Elles peuvent passer par toutes les phases d'un développement naturel et sont en quelque sorte des « forêts primaires en devenir ». En Suisse, 271 500 ha de forêts, soit 22,4 % de l'aire forestière totale, ne sont plus gérés depuis au moins 50 ans ; parmi elles, 101 400 ha (8,4 %) n'ont plus été exploités depuis plus de 100 ans. La part inexploitée depuis plus de 50 ans a augmenté de 11,2 % durant la dernière décennie, celle inexploitée depuis plus de 100 ans a diminué de 3,7 %. Ces forêts se trouvent surtout dans le sud des Alpes et en Valais, et sont très rares dans le Jura et sur le Plateau. Pour qu'une partie des forêts de toutes les régions de Suisse suivent une dynamique naturelle et permettent à la biodiversité de se développer librement, on délimite des réserves forestières naturelles (point 4.9).

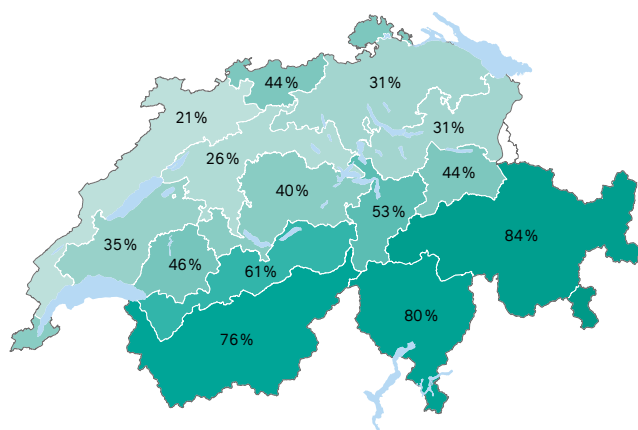
Critères du caractère naturel d'une forêt

Le degré du caractère naturel d'une forêt montre dans quelle mesure sa structure et sa composition correspondent à une forêt n'ayant pas subi d'influences anthropiques. Il n'existe toutefois aucune base qualitative ou quantitative officielle pour évaluer globalement le caractère naturel. Les critères les plus utilisés sont l'adéquation du mélange d'essences à la station et la diversité structurale. Celle-ci intègre des caractéristiques comme le degré de fermeture, la densité du peuplement et la présence de lisières internes, de trouées, de gros bois et de géants. En hausse continue depuis l'IFN1 (1983-1985), elle est aujourd'hui élevée sur 42 % des surfaces forestières.

Une part de résineux adaptée à la station est un facteur important pour l'évaluation du caractère naturel (fig. 4.3.1). Au niveau suisse, les surfaces forestières où elle est proche de l'état naturel ont augmenté à 51 % (Abegg et al. 2023). Deux tiers se trouvent en régions de montagne, où les forêts de résineux sont naturellement plus fréquentes (aire des forêts de résineux). Elles sont ainsi par définition proches de l'état naturel. À basse altitude, où les feuillus dominent naturellement (aire des feuillus), une part de résineux élevée et donc peu adaptée à la station signale au

Figure 4.3.1

Part de surface forestière considérée comme présentant un caractère naturel selon le critère d'une proportion de résineux adaptée à la station dans les 14 régions de production de Suisse, 2022.



Source : IFN

contraire des interventions anthropiques et ainsi des forêts plutôt peu naturelles. Dans l'aire des forêts de feuillus, surtout sur le Plateau, la part de peuplements semi-naturels à très peu naturels reste élevée (70 %). Ceux-ci sont plus vulnérables aux perturbations (Scherrer et al. 2022, Scherrer et al. 2023), surtout lors d'effets combinés entre sécheresse et chablis suivis d'une infestation de scolytes. Grâce à la sylviculture proche de la nature avec régénération naturelle pratiquée sur tout le territoire suisse (point 4.2) et aux recolonisations de surfaces perturbées, les peuplements peu naturels (part de résineux > 75 %) ou très peu naturels (part d'épicéas > 75 %) ont reculé, passant de 26 % lors de l'IFN1 (1983-1985) à 21 %.

Si le réchauffement climatique se poursuit, l'aire des forêts de feuillus continuera de s'étendre, réduisant la part naturelle de résineux. Il faut en outre s'attendre à des changements dans la composition en essences au sein de l'aire des feuillus. L'importance du hêtre devrait diminuer au profit du chêne et d'autres essences feuillues (Pluess et al. 2016). Pour tenir compte de ces évolutions dans les aires des feuillus et du caractère naturel des forêts dans l'aire des résineux, il est important de ne pas seulement se baser sur la part de feuillus pour évaluer le caractère naturel, mais d'appliquer des indicateurs plus détaillés (Scherrer et al. 2023).

Valeur de biotope et diversité des milieux naturels

La valeur de biotope permet une appréciation globale de l'état et de l'évolution d'une forêt sous l'angle écologique. Calculée selon différents critères tels que diversité des essences, diversité structurelle (degré de fermeture, stratification, stade de développement) et caractère naturel de la forêt, elle est considérée comme une mesure de la qualité d'habitat pour des espèces animales et végétales. Dans les forêts suisses, elle a légèrement augmenté lors de la dernière décennie. Environ 55 % des surfaces forestières ont aujourd'hui une valeur de biotope élevée. Elles se trouvent surtout dans les cantons montagnards du Valais, du Tessin et des Grisons.

L'état écologique et la diversité des espèces en forêt dépendent largement de la diversité des essences et des structures ainsi que de la quantité de bois mort et du nombre d'arbres-habitats (points 4.1 et 4.8). La sylviculture proche de la nature, la création d'îlots de sénescence et la délimitation de réserves forestières sont essentielles à la conservation de ces éléments structurels. La Suisse possède une diversité exceptionnelle de milieux forestiers en comparaison européenne. Beaucoup figurent sur la liste des milieux prioritaires au niveau national et sont donc jugés particulièrement dignes de protection (OFEV 2019a). La protection et promotion de ces milieux variés et proches de la nature contribuent grandement à la conservation de la biodiversité dans toute la Suisse.

4.4 Essences non indigènes

Marco Conedera, Kathrin Streit, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Bruno Lauper

- La culture ciblée d'essences non indigènes reste marginale dans l'économie forestière suisse. Durant la dernière décennie, la surface dominée par ces essences est passée de 0,2 à 0,7 %.
- Dans certaines conditions environnementales, des espèces ligneuses non indigènes peuvent se propager de manière invasive, surtout à basse altitude. La culture d'essences non indigènes non envahissantes en tant que stratégie d'adaptation aux changements climatiques gagne en importance.
- Les risques et les chances que comporte l'utilisation de ces essences doivent être soigneusement évalués. La gestion des espèces envahissantes est à prendre en compte dans la planification forestière.

Néophytes en forêt

La flore suisse comporte environ 730 espèces végétales non indigènes établies (néophytes) qui peuvent former spontanément des populations (OFEV 2022f). Elles représentent 22 % de toutes les espèces (Lauber et al. 2018). Dans d'autres pays d'Europe centrale, la proportion est assez semblable ou plus élevée. Les néophytes poussent aussi en forêt. Certaines sont des essences non indigènes introduites et exploitées par l'économie forestière (Conedera et Brändli 2015). D'autres

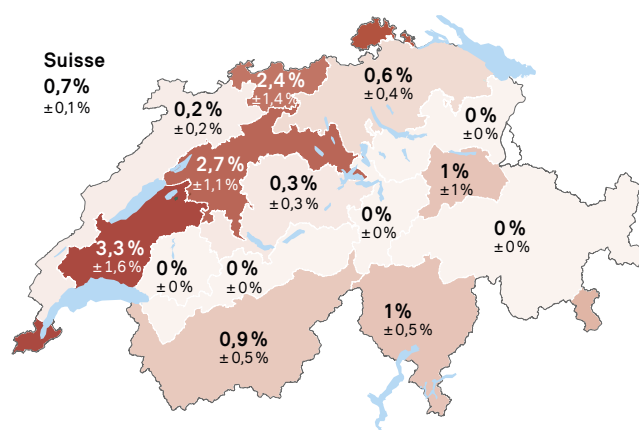
se propagent de façon incontrôlée. Lorsqu'elles évincent des espèces indigènes et perturbent l'équilibre des associations végétales et milieux forestiers naturels, elles sont considérées comme envahissantes. Sont qualifiées d'envahissantes les espèces non indigènes qui peuvent mettre en danger l'être humain et l'environnement ou porter atteinte à la diversité biologique, aux prestations écosystémiques et à leur utilisation durable (OFEV 2022f). Actuellement, 22 espèces ligneuses (arbres, buissons et lianes) sont répertoriées comme néophytes envahissantes, dix autres comme potentiellement envahissantes.

La culture d'essences non indigènes

Selon l'IFN5 (2018-2026), les essences introduites ne sont dominantes que sur 0,7 % de l'aire forestière suisse, mais ont tout de même progressé de 0,2 % depuis l'IFN4 (2009-2017). Elles se rencontrent presque exclusivement en dessous de 1000 m d'altitude. Ces peuplements se répartissent entre les régions économiques du centre du Plateau (24 %), du sud des Alpes (17 %), de l'ouest du Plateau (16 %), de l'est du Jura (12 %) et du sud-ouest des Alpes (12 %). Leur part sur la surface forestière totale de leur région économique est similaire (fig. 4.1.1). Les principales essences introduites et exploitées sont le douglas, le chêne rouge et le pin noir. L'exploitation permet de contrôler dans une certaine mesure leur régénération et leur expansion. Dans le Jura et sur le Plateau, le douglas et le pin de Weymouth ont toutefois tendance à se régénérer et à se propager spontanément (fig. 4.4.2). Si la culture d'essences non indigènes est une importante source de revenu pour l'économie forestière de certains pays d'Europe centrale (Conedera und Brändli 2015), le volume de bois produit en Suisse est tellement faible que même les plus fréquentes de ces essences, comme le douglas, n'occupent qu'un marché de niche. Des essences non indigènes bien adaptées au climat futur pourraient toutefois gagner en importance avec les changements climatiques (Frei et al. 2018), même sous le régime de la sylviculture proche de la nature, qui privilégie le rajeunissement naturel et les essences indigènes. Cependant, la vulnérabilité des essences non indigènes à des pathogènes indigènes ou à de futurs pathogènes introduits est méconnue. En outre,

Figure 4.4.1

Proportion de surface forestière dominée par des essences non indigènes dans les 14 régions économiques de Suisse, 2022.



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

un risque existe que ces essences se régénèrent souvent et de façon incontrôlée et deviennent envahissantes. Leurs conséquences écologiques et économiques ne peuvent donc pas encore être évaluées et doivent être étudiées plus en détail.

Espèces ligneuses non indigènes envahissantes

Quelques espèces ligneuses non indigènes cultivées depuis un certain temps déjà comme plantes décoratives dans des jardins publics ou privés ou qui se sont multipliées sur des terrains en friche sont devenues envahissantes et ont pénétré dans les forêts. Le potentiel envahissant dépend aussi bien des caractéristiques de l'espèce (écologie de la régénération, comportement en croissance, exigences stationnelles) que des conditions de l'écosystème hôte (lumière suffisante, concurrence des espèces indigènes, présence d'ennemis naturels) (Conedera et Schoenenberger 2014).

Dans les forêts suisses, deux types d'envahissement écologiquement distincts se dessinent : premièrement, une colonisation rapide de surfaces perturbées ou de zones d'intervention par des espèces pionnières non indigènes. L'avancée de l'ailante, du robinier et du buddléia de David (arbre à papillons), déjà observée dans plusieurs régions économiques, en est un exemple (fig. 4.4.2). Deuxièmement, une pénétration insidieuse de plantes ligneuses non indigènes, au feuillage persistant, thermophiles et tolérantes à l'ombre dans le sous-étage de forêts à feuilles caduques de basse altitude. C'est le cas p. ex. du laurier-cerise et d'espèces de chèvrefeuille toujours vert dans le Jura et sur le Plateau.

La propagation d'espèces ligneuses non indigènes reste un phénomène rare par rapport à l'évolution globale de la forêt. Cependant, bien que l'IFN soit conçu pour relever des changements d'une certaine ampleur, des hausses sensibles ou de premières observations d'espèces non indigènes se dessinent déjà dans des placettes IFN de différentes régions. Au sud des Alpes, l'IFN5 a enregistré une propagation du laurier-cerise et la première apparition du palmier chanvre et du plaqueminier lotier en forêt. D'autres espèces pionnières, comme le paulownia, ainsi que des plantes à feuillage persistant tolérantes à l'ombre comme le camphrier, le laurier noble et le chalef piquant y gagnent aussi du terrain (Schoenenberger et al. 2014).

Les espèces non indigènes envahissantes continuent donc de s'étendre dans toutes les régions de basse altitude, en particulier dans le sud des Alpes, dans le Jura et sur le Plateau. Un monitoring détaillé et des bases pour une gestion prévoyante de la dynamique de ces espèces sont nécessaires pour la mise en œuvre d'une stratégie ciblée dans le cadre de la sylviculture proche de la nature.

Figure 4.4.2

Proportion de surface forestière comportant des arbres et buissons non indigènes, par espèce, classe de grandeur et région selon les relevés des IFN4 (2009-2013) et IFN5 (2018-2022). Les changements importants et les premières observations sur les placettes IFN sont indiqués en couleur. Les espèces ligneuses envahissantes mentionnées dans le rapport de l'OFEV « Espèces exotiques en Suisse » sont signalées par « inv ».

Espèce	Ouest du Jura	Est du Jura	Ouest Plateau	Centre Plateau	Est Plateau	O Préalpes	Centre Préalpes	E Préalpes	NO des Alpes	Centre des Alpes	NE des Alpes	SO des Alpes	SE des Alpes	Sud des Alpes
Pin noir	○	○												
Pin de Weymouth	●	●	●	●	●									
Douglas	●	●	●	●	●	●								○
Chêne rouge	●	●	●	●	○									
Robinier ^{inv}		○	○	○	○			●	●			●	●	●
Ailante ^{inv}								○		○				●
Buddléia ^{inv}				●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Laurier-cerise ^{inv}	●	●	●	●	●									●
Cerisier tardif ^{inv}														●
Palmier chanvre ^{inv}														○
Sumac ^{inv}														○
Mimosa blanchâtre ^{inv}	●													
Paulownia ^{inv}				●	●									
Cornouiller soyeux ^{inv}				●	●									
Viorne rugueuse ^{inv}				●	●									
Chèvrefeuille de Henry ^{inv}			●	●	●									
Chèvrefeuille du Japon ^{inv}			●	●	●									
Cotonéaster horizontal ^{inv}												●	●	
Plaqueminier lotier ^{inv}														●

Essences ligneuses jusqu'à 12 cm DHP

- Augmentation ● > 5 %
- ▨ Première observation IFN ● 1–5 %
- < 1 %

Essences ligneuses à partir de 12 cm DHP

- Augmentation ○ > 5 %
- ▨ Première observation IFN ○ 1–5 %
- < 1 %

Source : IFN, OFEV 2022f

4.5 Bois mort

Rita Bütler, Martin Gossner, Thibault Lachat, Meinrad Abegg, Bruno Lauper

- Le volume de bois mort en Suisse a augmenté à 32 mètres cubes par hectare (m^3/ha) durant la dernière décennie. L'objectif politique a ainsi été atteint dans la plupart des régions. Mais sur le Plateau, il est par endroits inférieur à $20 \text{ m}^3/\text{ha}$.
- Ces deux valeurs ne suffisent que pour les espèces peu exigeantes. Les vieux arbres aux microhabitats très diversifiés et les gros bois morts sont encore trop rares. Des mesures s'imposent pour conserver le gros bois mort et de vieux arbres accomplissant tout leur cycle de vie.
- La demande accrue en bois pourrait menacer l'évolution positive du volume de bois mort.

Importance du bois mort et des arbres-habitats

Le bois mort comprend les arbres ou parties d'arbres morts, sur pied ou à terre, de toutes les essences et dimensions et aux divers stades de décomposition. Les arbres-habitats possèdent des microhabitats tels que cavités à terreau ou fructifications de champignons pour des coléoptères spécifiques, ou des fentes abritant des chauves-souris. Plus de 40 dendromicrohabitats ont été définis (Larrieu et al. 2018, Bütler et al. 2020). Ils sont plus nombreux et variés sur les vieux ou gros arbres, qui sont donc très précieux pour la biodiversité en forêt (fig. 4.5.1). Environ un tiers des espèces forestières dépendent du bois mort ou d'arbres-habitats (Stokland et al. 2012), dont nombre de coléoptères, champignons supérieurs, oiseaux, chauves-souris, amphibiens, mousses et lichens. Beaucoup utilisent ces structures pour la nidification, la recherche de nourriture ou l'hivernage (Graf et al. 2022). Outre son rôle dans la biodiversité, le bois mort est important pour la protection contre les chutes de pierres, le stockage du carbone et de l'eau et la régénération naturelle, surtout en montagne.

Pour répondre aux besoins variés des espèces vivant dans le bois (saproxyliques), le bois mort doit être disponible sous diverses formes : gros et mince, sur pied et à terre, au soleil et à l'ombre, de différentes essences, à plusieurs stades de décomposition et dans diverses conditions climatiques (Gossner et al. 2016, Seibold et al. 2016). En outre, une offre abondante de bois mort et d'arbres-habitats disponible en

Figure 4.5.1

Les vieux arbres sont rares dans la forêt suisse. Ils offrent des microhabitats particulièrement précieux.



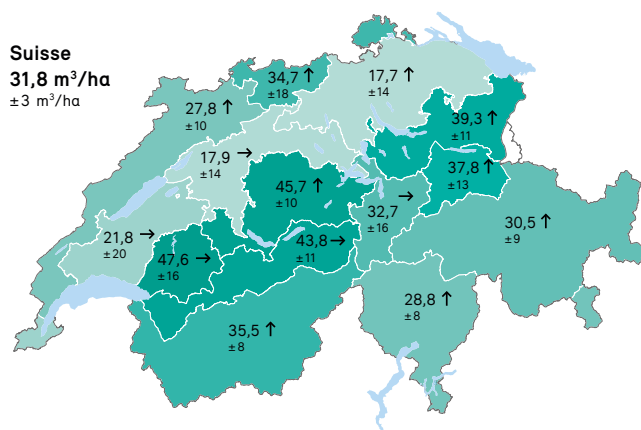
permanence dans l'espace et dans le temps est importante, car différentes espèces utilisent les divers stades d'évolution des dendromicrohabitats et de décomposition.

Évolution des quantités de bois mort

Dans l'ensemble, l'évolution des quantités de bois mort dans la forêt suisse est positive (point 1.2). Selon l'IFN5 (2018–2022), le volume s'est accru dans beaucoup de régions durant la dernière décennie, atteignant aujourd'hui $32 \text{ m}^3/\text{ha}$ en moyenne. Mais sur le Plateau, région la plus pauvre en bois mort, la hausse a été nulle ou faible (fig. 4.5.2). Par endroits, les quantités y sont encore inférieures à la valeur cible minimale de $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ (OFEV 2021c) fixée par la Confédération. La plupart des espèces saproxyliques ont besoin de volumes plus élevés, soit $30\text{--}50 \text{ m}^3/\text{ha}$ dans les chênaies et hêtraies.

Figure 4.5.2

Volume moyen de bois mort dans les 14 régions économiques, en m³/ha, 2022. Changements durant la dernière décennie : ↑ hausse significative ; → pas de changement.



Source : IFN

Les plus exigeantes nécessitent même plus de 100 m³/ha, quantité correspondant à celle d'une forêt primaire (Müller et Bütler 2010). Les forêts inexploitées sont donc très précieuses pour la diversité des espèces saproxyliques, surtout dans des régions pauvres en bois mort comme le Plateau, où seule 3 % de la surface forestière est inexploitée selon l'IFN (point 4.3). Les mesures spécifiques telles que réserves forestières naturelles, îlots de sénescence et conservation d'arbres-habitats jusqu'à leur décrépitude sont donc très importantes. Heureusement, la surface de réserves forestières naturelles a augmenté durant la dernière décennie (point 4.9). Mais celles créées récemment sur le Plateau sont forcément encore assez pauvres en bois mort.

La forêt suisse manque de gros arbres âgés (point 1.3), garants de la diversité en microhabitats et de l'offre future en gros bois morts (fig. 4.5.1). Des décennies sont nécessaires pour qu'un arbre soit assez gros pour former des dendromicrohabitats spécifiques, comme les cavités à terreau. Le nombre d'arbres imposants, d'un diamètre supérieur à 80 cm (géants), évolue donc lentement. Selon les résultats intermédiaires de l'IFN5, il est de 0,3 à 3,7 par ha suivant la région. Les forêts naturelles comptent environ 10 à 17 géants par ha (Nilsson et al. 2002).

Bien qu'en légère hausse, le gros bois mort reste rare. Le bois très décomposé ou vermoulu est aussi sous-représenté (moins de 20 % du volume de bois mort selon l'IFN). Le

manque d'arbres âgés et de gros troncs en décomposition avancée accroît le risque d'extinction d'espèces saproxyliques (Monnerat et al. 2016, Gossner et al. 2013, Seibold et al. 2015 ; point 4.8). Sans mesures ciblées pour conserver en permanence de vieux arbres en forêt jusqu'à leur décrépitude, de nombreuses espèces rares, spécialisées, seront à long terme au bord de l'extinction. De nouvelles recherches montrent que leur disparition peut fortement perturber des fonctions écosystémiques comme le recyclage des nutriments, la pollinisation et la pédogenèse (Burner et al. 2022, Brose et Hillebrand 2016). Les mesures de conservation d'espèces rares, comme l'enrichissement en bois mort et le maintien de vieux arbres, sont donc d'une utilité jusqu'ici sous-estimée pour les services écosystémiques.

Incitations en faveur de l'enrichissement en bois mort

Les valeurs cibles minimales fixées par la Confédération pour le volume de bois mort sont en grande partie atteintes (OFEV 2021c). Toutefois, comme elles ne suffisent pas pour les espèces exigeantes (Müller et Bütler 2010), la Confédération et les cantons subventionnent depuis 2008 environ 30 000 ha de réserves forestières naturelles, plus de 6600 ha d'îlots de sénescence, et environ 20 000 arbres-habitats (état en 2022).

Un nombre accru d'arbres sont morts de stress hydrique durant la dernière décennie. Ces événements extrêmes pourraient être mis à profit pour la biodiversité, car la hausse de la demande en bois-énergie risque d'inverser la tendance à l'enrichissement en bois mort. La gestion forestière doit garantir que suffisamment d'arbres puissent vieillir et accomplir tout leur cycle de vie. Le défi sera d'y parvenir malgré l'objectif d'intensification de l'exploitation du bois et le raccourcissement des révolutions favorable à l'adaptation aux changements climatiques. Pour cela, des mesures d'incitation seront nécessaires en forêt, mais aussi dans des milieux non forestiers (allées ou arbres de parcs et de jardins en périphérie ou au sein des agglomérations).

4.6 Diversité génétique

Christian Rellstab, Bruno Lauper, Felix Gugerli

- De nouvelles aires de conservation génétique ont été délimitées en Suisse. Elles contribuent à la conservation dynamique des ressources génétiques.
- Grâce à de vastes peuplements et à des flux de gènes étendus, les arbres des forêts suisses ont une grande diversité génétique. Celle-ci est une composante de la biodiversité et une condition pour l'adaptation des populations aux modifications de l'environnement et leur résilience aux événements extrêmes.
- L'évolution temporelle de la diversité génétique et de la capacité d'adaptation doit être suivie et étudiée. Les résultats sont davantage à prendre en compte dans les stratégies sylvicoles.

Diversité génétique des arbres forestiers

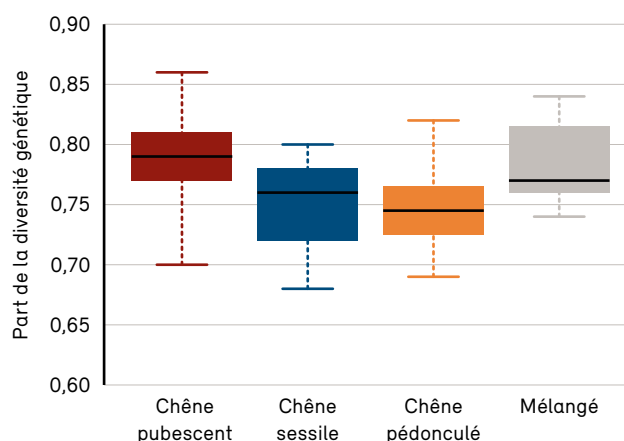
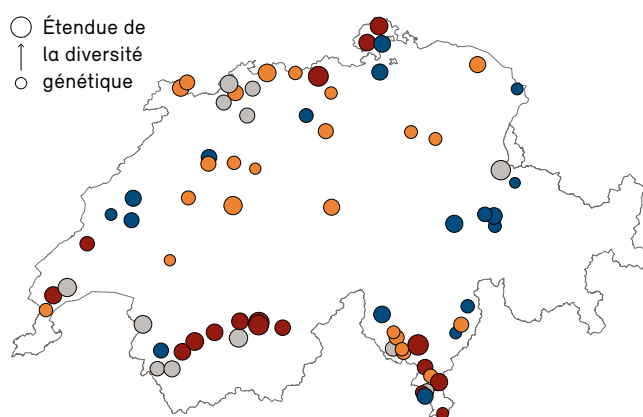
La diversité génétique est un pilier de la biodiversité et permet aux espèces et aux populations de s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Elle améliore la

résilience des forêts aux événements extrêmes tels que sécheresses ou infestations de ravageurs. Une diversité génétique élevée est donc indispensable pour que la forêt suisse puisse encore remplir ses fonctions à l'avenir.

La plupart des essences présentent une grande diversité génétique acquise grâce à des peuplements à caractère naturel, à des flux de gènes étendus (propagation du pollen et des graines) et à une régénération le plus souvent naturelle. Les chênes indigènes (chêne sessile, pubescent et pédonculé) en sont un exemple. Leur diversité génétique est pareillement élevée dans toutes les régions de Suisse (Rellstab et al. 2016 ; fig. 4.6.1a). Les mélanges par croisements et rétrocroisements naturels sur de nombreuses générations augmentent la diversité de ce complexe d'espèces. Ainsi, la diversité génétique des chênes pubescents, qui se croisent souvent avec des chênes sessiles, est supérieure à celle des peuplements purs de chênes sessiles ou pédonculés (fig. 4.6.1b).

Figure 4.6.1

a) Diversité génétique de 71 peuplements de chêne mesurée par le taux d'hétérozygotie (part moyenne d'individus possédant différentes variantes de gènes à un emplacement donné de leur génome). La taille des cercles correspond à l'étendue de la diversité génétique, et les couleurs représentent les espèces de chêne. b) La boîte à moustaches résume l'hétérozygotie des peuplements de la même espèce (trait noir en gras = médiane, boîte = zone comprenant le 50 % des valeurs centrales ; extrémités des moustaches : valeur maximale, resp. minimale). Peuplements mixtes : l'espèce dominante a une part maximale de 80 %.



Grâce aux progrès techniques, il est aujourd'hui possible de déterminer la part de diversité génétique qui influence la capacité d'adaptation d'arbres et de leurs descendants aux conditions environnementales locales (Gugerli et al. 2016). Des études sur des populations d'aroles ont montré p. ex. que l'évolution de cette part peinait à suivre la vitesse des changements climatiques (Dauphin et al. 2021). C'est pourquoi les essences forestières à longues durées de génération sont particulièrement menacées.

Protection des ressources génétiques

En tant qu'État signataire de Forest Europe et membre d'EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme), la Suisse s'est engagée au niveau international à protéger ses ressources génétiques forestières. De nombreuses mesures, comme la régénération naturelle (point 4.2) et l'établissement de réserves forestières (point 4.9), visent à les conserver.

Depuis 2016, la Suisse a en outre délimité 74 aires de conservation génétique pour sept essences, comme l'arole et l'if, qui ont un centre de répartition sur son territoire (tab. 4.6.1). La plupart sont des réserves forestières où la diversité génétique est conservée par des processus naturels. Les populations sélectionnées sont autochtones, ont une grandeur de peuplement minimale et sont représentatives de la distribution, des diverses conditions environnementales et – s'ils sont connus – des groupes génétiques de l'espèce (Rudow 2016). Des aires de conservation génétique seront prochainement délimitées pour l'érable sycomore, le frêne, le mélèze, le pin sylvestre et les chênes sessile, pédonculé et pubescent.

La Suisse dispose pour beaucoup d'essences de peuplements forestiers dits semenciers servant à récolter les graines destinées à la multiplication de jeunes arbres. Ils sont sélectionnés selon des critères comme la productivité et le port des arbres mères. Ces critères, combinés à l'habitude de ne récolter que quelques arbres mères, réduisent la diversité génétique dans les plantations. Des directives de récolte fixant le nombre minimal d'arbres mères et

de semences récoltées par arbre sont nécessaires pour augmenter la diversité génétique des plants. La récolte des graines pourrait aussi être élargie à l'avenir aux aires de conservation génétique.

Stratégies de gestion des changements climatiques

Les changements climatiques sont une réalité qui affectera encore longtemps la forêt suisse. La vitesse du réchauffement et la hausse de la fréquence des épisodes de sécheresse pourraient poser des problèmes en particulier aux arbres à grande longévité. Car si les arbres adultes peuvent réagir en tant qu'individus à de nouvelles conditions environnementales (plasticité), la composition génétique des peuplements n'évolue que lentement. Outre la promotion de leur diversité génétique, on peut aussi favoriser de manière ciblée des variantes génétiques dont les porteurs sont adaptés à des conditions plus chaudes et plus sèches. Les analyses aident tant à quantifier la diversité génétique qu'à évaluer le degré d'adéquation génétique d'une espèce, et devraient être davantage intégrées dans le développement de stratégies sylvicoles.

Tableau 4.6.1

Aires de conservation génétique en Suisse. Certaines surfaces renferment des aires de conservation génétique pour plusieurs espèces.

Espèce	Nombre d'aires de conservation génétique	Nombre de cantons concernés	Surface (ha)
Arole	10	6	3122
Hêtre	13	12	7364
If	10	10	1989
Alisier torminal	9	8	1363
Épicéa	14	11	11 137
Peuplier noir	5	5	912
Sapin blanc	13	11	7119
Total	62	20	23 901

Source : Cadastre national des aires de conservation génétique, état au 31.10.2022

4.7 La forêt dans le paysage

Christian Ginzler, Matthias Bürgi, Bruno Lauper

- L'expansion de la forêt se poursuit dans les Alpes et le sud des Alpes, où de petites forêts fusionnent. Elle s'est toutefois ralentie. Sur le Plateau, l'aire et la répartition de la forêt restent stables.
- Entre 600 et 1400 m d'altitude, 80 % des surfaces ouvertes présentent de petits éléments structuraux comme des arbres isolés et des haies. À basse altitude, ceux-ci ont été éliminés dans plus d'un tiers du paysage.
- Le défi de ces prochaines décennies sera de valoriser les surfaces forestières au moyen de groupes d'arbres et d'arbres isolés et de mieux mettre en réseau les milieux naturels.

Transformations du paysage forestier

La forêt occupe environ un tiers de la Suisse. Sa répartition spatiale, qui résulte du nombre de massifs forestiers et de leur distribution, a changé. La statistique suisse de la superficie montre que depuis les années 1980, les grandes zones boisées ont gagné du terrain. L'évolution varie toutefois selon la région. Sur le Plateau, tant la surface que la répartition des forêts sont restées très stables en raison de l'utilisation intensive du territoire et de la forte demande de terrain. Par contre, les forêts des Alpes et du sud des Alpes ont continué de s'étendre et de fusionner. En altitude, l'expansion de la forêt et la recolonisation de surfaces ouvertes sont dues à l'abandon de l'exploitation agricole.

Outre la proportion et la répartition des forêts, les bosquets hors de l'aire forestière façonnent aussi le paysage (fig. 4.7.1). Les surfaces richement structurées par des bosquets champêtres (groupes d'arbres et haies) et des formations buissonnantes sont souvent reliées à la forêt et présentent une grande valeur écologique et paysagère. Les résultats de l'Observation du paysage suisse (OPS) montrent que ces zones de transition tendent à diminuer depuis 1985 et que la distance entre la forêt et les agglomérations ne cesse de se réduire en raison de l'expansion urbaine (OFEV/WSL 2022).

Figure 4.7.1

Des parties étendues du paysage ouvert comportent des éléments ligneux qui assurent une bonne mise en réseau, comme ici à Bärschwil (SO).

Photo : Simon Speich



La forêt et les arbres en tant qu'éléments de l'infrastructure écologique

Les éléments ligneux dans le paysage sont des composants essentiels de l'infrastructure écologique. Ces petites structures, comme les arbres isolés, les rangées d'arbres et les lisières, jouent un rôle d'habitat relais dans la mise en réseau du paysage. Des analyses du modèle topographique du paysage (MTP) montrent qu'ils sont encore bien présents dans beaucoup de régions en Suisse (swisstopo 2023). Ainsi, 80 % des surfaces ouvertes situées entre 600 et 1400 m d'altitude comportent des éléments ligneux. Au-delà de 1400 m, leur importance pour la préservation d'une mise en réseau fonctionnelle diminue. Dans les zones d'agriculture intensive en dessous de 600 m, ils ont été éliminés sur plus d'un tiers de la surface. Celles-ci offrent ainsi du potentiel pour une valorisation structurelle.

4.8 Espèces menacées

Andrin Gross, Silvia Stofer, Timothy Thrippleton

- Le statut de menace des espèces forestières est évalué sur la base de listes rouges. Celles-ci montrent une évolution stable à légèrement positive du nombre d'espèces forestières menacées.
- La forêt en Suisse est un habitat très riche en espèces et qui abrite de nombreuses espèces rares et menacées.
- Face aux défis futurs comme les changements climatiques ou l'approvisionnement énergétique, une surveillance ciblée d'espèces rares à l'aide de programmes de monitoring est indispensable pour identifier rapidement les évolutions négatives.

Données de base pour la protection des espèces en forêt

Durant la dernière décennie, des listes rouges aussi bien nouvelles que révisées ont fourni des bases importantes pour la conservation des espèces en forêt. La synthèse des listes rouges suisses publiées à ce jour montre, à l'exemple des végétaux, que la part d'espèces menacées en forêt (13 %) est relativement basse comparée à d'autres milieux naturels (OFEV et InfoSpecies 2023). Mais comme la forêt en Suisse est très riche en espèces, elle abrite en chiffres absolus la plupart des espèces menacées (Gubler et al. 2020). Sur la liste rouge, 41 % des associations forestières sont qualifiées de menacées (Delarze et al. 2016), surtout celles des zones forestières humides ou claires. Si les premières ont reculé à la suite d'améliorations foncières et de drainages, la disparition des structures de forêts claires a d'autres causes, comme l'abandon de l'exploitation de pâturages boisés, le passage au régime de la futaie, l'augmentation du volume de bois suite à une faible exploitation, les dépôts azotés excessifs ou encore la suppression des phases pionnières et des phases de décrépitude ouvertes.

La première liste rouge des Coléoptères Buprestidés, Cérambycidés, Cétoniidés et Lucanidés a révélé une situation préoccupante (Monnerat et al. 2016). Sur 256 coléoptères majoritairement saproxyliques, 118 (près de la moitié) sont menacés, et 47 (18 %) potentiellement menacés. Et les espèces évaluées ne représentent qu'une petite partie des quelque 1700 coléoptères dépendants du bois mort (Lachat et al. 2019).

Le bois mort est très important pour la biodiversité en forêt (point 4.5). Pas moins d'un tiers des espèces forestières en dépendent, surtout des coléoptères et 2700 champignons (Lachat et al. 2019), mais aussi des oiseaux, chauves-souris, amphibiens, mousses et lichens. Beaucoup d'espèces menacées ont des exigences spécifiques quant à la qualité du bois mort (plante hôte, stade de décomposition, sur pied ou à terre). C'est le cas du grand capricorne du chêne (*Cerambyx cerdo*) (fig. 4.8.1). Ce coléoptère au bord de l'extinction a besoin de chênes très vieux avec du bois dépérissant et mort, souvent trop peu nombreux dans les forêts exploitées (OFEV et InfoSpecies 2023). Outre le manque régional de bois mort, les surfaces trop réduites d'associations forestières spéciales et de peuplements clairs ou riches en vieux bois nuisent aussi à la diversité des espèces.

Nouvelles menaces

Les données disponibles permettent difficilement d'évaluer la façon dont a évolué la menace durant la dernière décennie. Le Monitoring de la biodiversité en

Figure 4.8.1

Le grand capricorne du chêne est jugé au bord de l'extinction en Suisse. Il vit sur de très vieux chênes, que l'on ne trouve presque plus dans les forêts exploitées. Photo : Beat Wermelinger



Suisse (MBD) montre une légère amélioration pour les mollusques, les mousses et les plantes vasculaires des forêts (Birrer et al. 2022 ; point 4.1), mais il ne permet pas de tirer des conclusions sur les espèces menacées. Des listes rouges révisées sont parues pour les bryophytes (mousses), les plantes et les oiseaux (Knaus et al. 2021, Bornand et al. 2016). En ce qui concerne les oiseaux et les plantes vasculaires, seules des modifications mineures ont été relevées. L'évolution des mousses montre une tendance positive, mais qui ne peut pas encore être confirmée en raison d'incertitudes méthodologiques.

Les évolutions de l'approvisionnement énergétique (Lachat et al. 2019) et du climat (Pluess et al. 2016) représentent les plus graves menaces pour la biodiversité. La demande accrue en bois-énergie (point 6.7) pourrait réduire l'offre de vieux bois et de bois mort en forêt. L'intégration du bois mort dans la sylviculture proche de la nature est donc essentielle à la biodiversité (point 4.5). Les changements climatiques augmentent la fréquence d'événements extrêmes tels que sécheresses ou tempêtes et le nombre de perturbations en forêt (point 2.5). Celles-ci peuvent certes favoriser la biodiversité, p. ex. lorsqu'elles créent une mosaïque de stades de succession différents sur les surfaces perturbées et diversifient ainsi les habitats. Toutefois, le changement de climat perturbe de plus en plus les bases vitales de nombreuses espèces et accroît le risque d'extinction de celles menacées (IPBES 2019b). Dans ce contexte, les programmes de suivi comme l'IFN, le monitoring de la biodiversité ou le monitoring de la diversité des structures et des espèces dans les réserves forestières naturelles prennent une importance accrue. Ils aident à surveiller l'évolution de la biodiversité en forêt et servent ainsi de système d'alerte précoce en cas de tendances négatives.

Mesures de conservation et monitoring

La sylviculture proche de la nature (point 4.3), la délimitation de réserves forestières (point 4.9) et d'autres mesures spécifiques peuvent soutenir de manière ciblée la biodiversité en forêt. Depuis 2008, des subventions sont prévues dans des conventions-programmes conclues entre la Confédération et les cantons (Stadler und de Sassi 2021). Le suivi atteste que ces mesures sont efficaces, notamment pour des espèces rares des forêts claires et les coléoptères saproxyliques (Bühler und Roth 2021).

Dans le canton de Genève p. ex., la mise en place de troncs d'arbre a permis de conserver des champignons lignicoles en danger, comme le plutée orangé (*Pluteus aurantiorugosus*) (fig. 4.8.2) (OFEV et InfoSpecies 2023). Le plan d'action Forêts claires d'InfoSpecies est aussi un pas important dans la conservation des espèces menacées (Imesch et al. 2020). Il comprend un outil en ligne pour soutenir les responsables cantonaux de la biodiversité et les services forestiers dans la planification et la mise en œuvre de la protection de la nature en forêt. Grâce aux planifications cantonales visant à déterminer des zones de protection et de mise en réseau (OFEV 2021a), un autre instrument a été créé pour conserver la biodiversité à long terme.

Le centre de données virtuelles propose en outre aux cantons une analyse intégrale de l'état actuel et de l'état cible des milieux naturels. Ces nouvelles bases de planification contribuent au succès et à l'efficacité de la planification de la protection de la nature dans les cantons.

Figure 4.8.2

Le plutée orangé vit sur des troncs d'arbre pourris dans des forêts alluviales. Dans le canton de Genève, il a pu être conservé grâce à la mise en place de troncs d'arbre. Photo : Julia Jenzer



4.9 Réserves forestières

Martina Hobi, Harald Bugmann, Martin Gossner, Thibault Lachat, Bruno Lauper

- En 2022, les réserves forestières représentaient 7,3 % de la surface totale de forêt. L'objectif politique de créer 10 % de surface de réserves d'ici 2030 est ainsi presque aux trois quarts atteint.
- Les réserves forestières naturelles ont une influence positive sur le nombre et la répartition des espèces tributaires du bois mort. Les champignons menacés y sont plus nombreux que dans les forêts exploitées.
- Lors de la délimitation des futures réserves forestières, il faudra encore mieux tenir compte des planifications cantonales visant à conserver les espèces et les milieux prioritaires au niveau national et d'une meilleure mise en réseau spatiale des surfaces.

Situation actuelle de la politique en matière de réserves forestières

Par les lignes directrices de la politique en matière de réserves forestières (2001) et la Politique forestière 2020, la Confédération et les cantons se sont fixé des objectifs qualitatifs et quantitatifs pour la délimitation de réserves forestières. Ils indemnisent les propriétaires pour ce bien public. En Suisse, on distingue deux types de réserves forestières : les réserves forestières naturelles (RFN), où l'on renonce à toute exploitation, et les réserves forestières spéciales (RFS), où l'on crée et valorise par des interventions ciblées des habitats pour certaines espèces animales et végétales. Ces deux types de réserves forestières visent à conserver la biodiversité. Les RFN permettent en outre de protéger les processus écologiques naturels. La Confédération et les cantons prévoient de délimiter 10 % de la surface forestière en tant que réserves d'ici 2030, dont 5 % de RFN et 5 % de RFS. Selon les relevés de l'OFEV, en 2022, les RFN représentaient 4,16 % de l'aire forestière suisse et les RFS 3,18 % (OFEV Controlling RPT), soit un total de 7,3 %. Il y a 20 ans, cette part n'était encore que de 2,5 %. Jusqu'ici, la politique de la Confédération et des cantons a donc été très efficace. Cependant, cette part diffère d'une région à l'autre (fig. 4.9.1). Ainsi, le déficit en surfaces forestières protégées est plus élevé sur le Plateau que dans le Jura, les Préalpes et les Alpes.

Si les objectifs quantitatifs sont atteignables d'ici 2030, la réalisation des objectifs qualitatifs pose un plus gros défi. Les associations forestières courantes, mesurées à leur part de surface dans les réserves forestières, sont bien représentées par rapport à leur présence globale. Mais de gros déficits subsistent pour les milieux prioritaires au niveau national particulièrement dignes de protection, dont en particulier les milieux humides (Steiger 2014). En revanche, des succès ont été enregistrés dans la conservation d'espèces prioritaires au niveau national avec la délimitation de RFS pour le grand tétras et le pic mar. Tous deux sont des espèces dites parapluies, dont la protection bénéficie à beaucoup d'autres espèces animales et végétales.

Lors de la dernière décennie, de nets progrès ont aussi été réalisés pour la taille des réserves forestières. En 2022, l'objectif initial de 30 réserves de plus de 500 ha était déjà dépassé, avec 39 réserves délimitées. Là aussi, des différences marquées s'observent au niveau régional. En comparaison avec les autres régions, la création de grandes réserves est plus difficile sur le Plateau, où les forêts sont souvent plus fragmentées et l'exploitation du bois est plus intéressante grâce à une meilleure desserte. La plupart des grandes réserves se situent dans des régions montagneuses et difficiles d'accès. Deux succès importants ont toutefois été enregistrés sur le Plateau avec la création du parc naturel périurbain Sihlwald (ZH) et du Parc du Jorat (VD). Avec une taille moyenne de 43 ha, la majorité des réserves sont néanmoins relativement petites. Un mélange de petites et grandes réserves est important : les petites représentent la diversité des habitats, les grandes permettent un développement naturel de la forêt et des mesures de conservation au niveau des paysages. En outre, les réserves forestières jouent le rôle d'aires centrales écologiques essentielles à la mise en réseau des milieux naturels sur l'ensemble du territoire.

Enseignements tirés des réserves forestières naturelles

L'observation à long terme des réserves forestières naturelles (RFN) aide à mieux comprendre l'évolution naturelle d'une forêt sans influences anthropiques (fig. 4.9.2). Depuis le début des observations dans les années 1950, le volume des arbres vifs, la quantité de bois mort sur pied

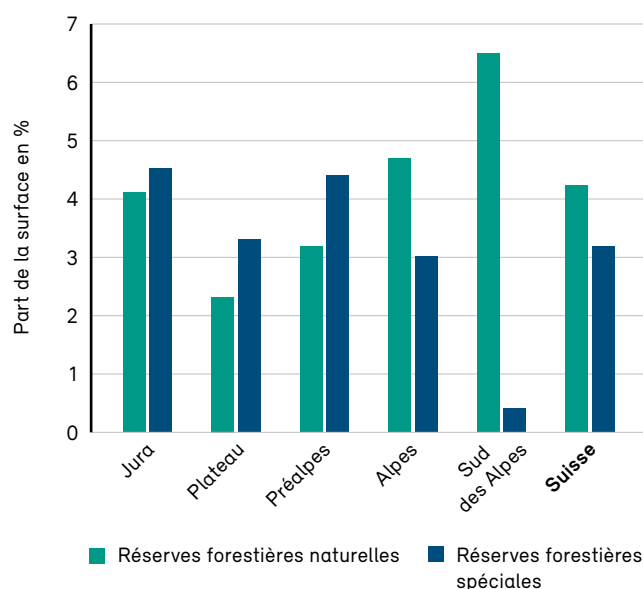
et le nombre d'arbres-habitats ont fortement augmenté dans la plupart des RFN (point 4.5). Les forêts mises sous protection évoluent vers une forêt naturelle. La quantité totale de carbone stocké continue d'y augmenter. Les espèces dépendantes du vieux bois et du bois mort en profitent aussi (Roth en prép.). La diversité spécifique des coléoptères et champignons saproxyliques y est plus élevée que dans des hêtraies exploitées à proximité. Plus longtemps on s'abstient de gérer et d'exploiter les RFN, plus la qualité d'habitat pour les espèces saproxyliques s'améliore. La diversité des biocénoses est également plus élevée dans ces réserves que dans les forêts gérées. Ainsi, on a observé plus d'espèces de champignons menacés dans les RFN.

Mesures de conservation dans les réserves forestières spéciales

Les réserves forestières spéciales (RFS) se distinguent par des interventions sylvicoles destinées à favoriser la biodiversité. Elles servent aussi à conserver et à promouvoir des formes de gestion historiques comme les taillis-sous-futaie, les pâturages boisés ou les selvas. Beaucoup d'espèces thermophiles et héliophiles dépendent de ces forêts claires. Leurs conditions de vie se sont fortement dégradées durant la seconde moitié du XX^e siècle (Imesch et al. 2020). Dans les RFS, des mises en lumière de pinèdes favorisent différentes espèces de papillons, de reptiles et d'orchidées. Dans les forêts de résineux de l'espace alpin, des structures ouvertes comme les clairières, importantes p. ex. pour les tétraonidés, peuvent faire l'objet de soins ciblés. Depuis 2015, plusieurs milliers d'ha de RFS ont ainsi été aménagés pour les tétraonidés. On peut aussi créer dans ces réserves des aires de conservation génétique pour des essences indigènes secondaires sélectionnées dont la protection nécessite des interventions sylvicoles ciblées (point 4.6).

Figure 4.9.1

Part de surface de réserves forestières naturelles et spéciales dans les cinq régions de production et dans toute la Suisse, 2022.



Source : OFEV, adapté d'après Impuls 2023

Figure 4.9.2

Réserve forestière naturelle de Scatlè à Brigels (GR), riche en bois mort et en régénération naturelle. Photo : Gilbert Projer, WSL



4.10 Oiseaux nicheurs forestiers

Alex Grendelmeier, Kurt Bollmann, Pierre Mollet, Timothy Thrippleton

- Sur la dernière décennie, les populations de la plupart des oiseaux forestiers ont évolué favorablement.
- Quelques espèces dépendantes d'habitats spécifiques, comme le pouillot siffleur et le pic cendré, se sont toutefois raréfiées, signe d'un déficit en habitats.
- L'exploitation plus intensive avec des périodes de révolution raccourcies et le besoin accru en bois-énergie peuvent menacer cette évolution positive.

Effectifs des espèces d'oiseaux forestiers

Les effectifs des oiseaux servent d'indicateurs de l'état et de l'évolution de la biodiversité dans les suivis environnementaux, car les oiseaux sont largement répandus, bien adaptés à des relevés et sensibles aux modifications de l'environnement.

Sur la base de l'évolution des effectifs d'oiseaux nicheurs, la Station ornithologique suisse calcule le Swiss Bird Index SBI® (Knaus et al. 2022). L'indice partiel SBI® Forêt résume les tendances de 56 oiseaux forestiers indigènes. Sont prises en compte toutes les espèces qui se reproduisent majoritairement en forêt et qui, depuis 1990, ont niché pendant au moins neuf années sur dix années consécutives en Suisse.

Le SBI® Forêt montre une évolution favorable des effectifs des oiseaux forestiers depuis 1990 en particulier durant la dernière décennie (fig. 4.10.1). Outre les généralistes sans habitat spécialisé, comme la mésange charbonnière, toutes les espèces de pics à l'exception du pic cendré (*Picus canus*) présentent des tendances positives. D'autres espèces cavernicoles, comme le pigeon colombin (*Columba oenas*) ou la chouette chevêchette (*Glaucidium passerinum*) profitent des cavités des pics.

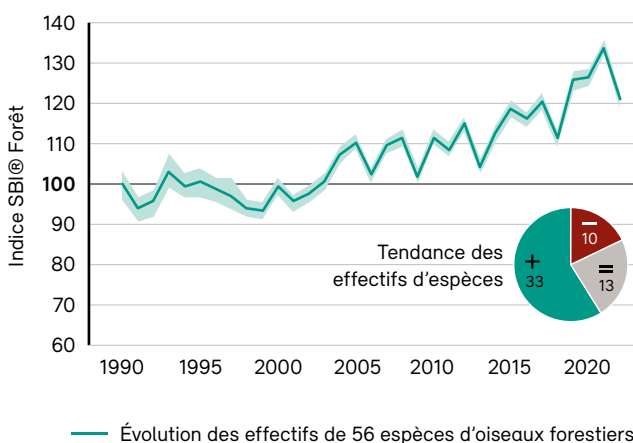
Le SBI® Forêt ne permet pas de tirer de conclusions sur l'évolution d'espèces menacées d'oiseaux nicheurs. Mais certaines sont aussi en recul en forêt, signe d'un manque d'habitats. Le grand tétras p. ex. (*Tetrao urogallus*) a besoin

de peuplements clairs de résineux à l'abri des dérangements, alors que le pouillot siffleur (*Phylloscopus sibilatrix*) préfère de vieux peuplements fermés de feuillus avec peu de strate buissonnante. Des systèmes de gestion variés ou traditionnels, comme les pâturages boisés, combinés à des réserves forestières augmentent la diversité des espèces.

L'évolution positive des effectifs de nombreux oiseaux forestiers résulte de la gestion forestière plutôt extensive de ces dernières années, de la progression des réserves forestières et de la conservation de vieux bois et de bois mort dans les forêts exploitées. Les besoins accrus en bois d'œuvre et d'énergie et le raccourcissement des périodes de révolution menacent l'évolution actuelle réjouissante des effectifs de nombreuses espèces.

Figure 4.10.1

Évolution moyenne des effectifs de 56 espèces d'oiseaux forestiers selon le SBI® Forêt (ligne verte ; surface verte = intervalle de confiance de 95 %). Exemple de lecture : Une valeur de 120 signifie que l'effectif de l'année considérée est supérieur de 20 % à la valeur de 1990. Le diagramme circulaire montre le nombre d'espèces en augmentation (33), en recul (10) et sans tendance claire (13).



Source : Station ornithologique suisse 2023

5

Forêt protectrice

En montage, la fonction protectrice de la forêt est indispensable pour la population et les infrastructures. Forêt protectrice à Vals (GR).

Photo : jackmalipan iStock







5 Forêt protectrice

Barbara Allgaier Leuch, Peter Bebi, Benjamin Lange, Stéphane Losey

En Suisse, 44 % de la forêt protège la population et les infrastructures contre les dangers naturels gravitaires tels que chutes de pierres, avalanches et laves torrentielles. Les forêts protectrices se sont densifiées durant la dernière décennie, ce qui favorise temporairement leur effet protecteur. Cependant, elles se sont également assombries. En raison du manque de lumière et d'un abroustissement intense, la régénération fait de plus en plus défaut. Ainsi, en de nombreux endroits, l'effet protecteur n'est pas durablement assuré, et il faut plus de temps pour le restaurer après une perturbation. Cette évolution peut être contrecarrée par des interventions de régénération ciblées et une gestion adéquate du gibier. La plus grande diversité d'essences qui en résulte garantit la protection contre les dangers naturels même lorsque le climat change. Par ailleurs, la forêt protège de la pollution les eaux souterraines, notre principale source d'eau potable. Celles provenant de zones forestières contiennent généralement si peu de polluants qu'elles peuvent être consommées sans être traitées. Cependant, à quelques endroits, la concentration des nitrates y dépasse quand même la valeur limite de 25 mg/l. Pour en abaisser la concentration dans les eaux souterraines et donc dans l'eau potable, les dépôts atmosphériques azotés doivent être réduits.

5.1 Protection contre les dangers naturels

Peter Bebi, Benjamin Lange, Barbara Allgaier Leuch, Stéphane Losey

- La part de forêts protectrices avec peu de régénération a encore augmenté durant la dernière décennie du fait de leur densification et d'un abou-tissement toujours intense des ongulés.
- Selon l'Inventaire forestier national (IFN), 44 % des forêts suisses sont des forêts protectrices. Elles protègent la population et les infrastructures contre les dangers naturels tels que glissements de terrain, avalanches, chutes de pierres ou laves torrentielles.
- Par endroits, les perturbations accrues causées par les changements climatiques affaibliront leur effet protec-teur. Pour limiter au maximum leur impact, la résilience de ces forêts doit être augmentée.

Définition et expansion de la forêt protectrice

Les dangers naturels tels que glissements de terrain, avalanches, chutes de pierres ou processus d'écoulement comme les laves torrentielles et l'épandage d'alluvions peuvent causer d'importants dégâts aux infrastructures et faire des victimes. En Suisse, les forêts qui protègent contre ces dangers ou en réduisent les risques sont quali-fiées de forêts protectrices. Elles sont délimitées par les cantons selon des critères valables à l'échelle de la Suisse, définis dans le projet SilvaProtect-CH (Losey et Wehrli 2013). Une forêt qui ne réduit que les écoulements d'eau ne remplit pas les conditions d'une forêt protectrice.

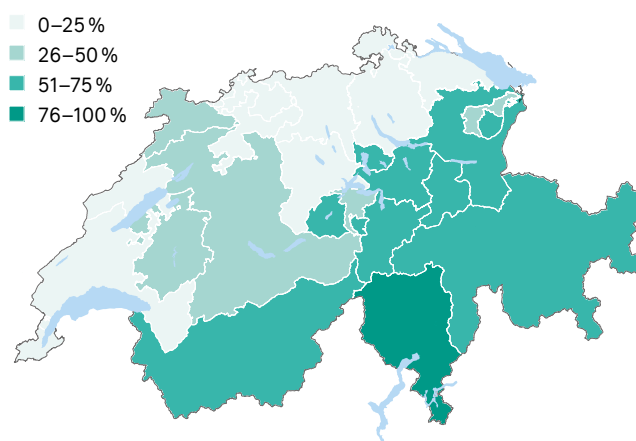
En 2022, environ 540 000 ha ou 44 % de la forêt accessible sans la forêt buissonnante au sens de l'IFN étaient considérés comme forêt protectrice (Abegg et al. 2023). Celle-ci constitue la plus importante mesure de prévention surfacique contre les dangers naturels et un pilier de la gestion intégrée des risques. En maint endroit, elle permet d'éviter de coûteuses mesures de protection telles que paravalanches, filets de protection contre les chutes de pierres ou dépotoirs à alluvions.

Des forêts protectrices ont été délimitées dans toutes les régions du pays. La plupart se trouvent dans les cantons de l'arc alpin (fig. 5.1.1). Si leur part est plus faible sur le Plateau, elles y protègent néanmoins beaucoup de personnes et d'infrastructures en raison de la forte densité de population.

Figure 5.1.1

Part de forêt protectrice dans les cantons, 2022. Au niveau suisse, 44 % de la forêt est considérée comme forêt protectrice.

Part de forêt protectrice



Source : IFN (Abegg et al. 2023)

Effet protecteur contre les dangers naturels

Dans l'ensemble, 25 % des forêts protectrices protègent les personnes et les infrastructures contre les glissements de terrain superficiels, 19 % contre les avalanches, 8 % contre les chutes de pierres et 85 % contre les processus d'écoulement tels que laves torrentielles, épandage d'alluvions ou érosion des berges (Abegg et al. 2023). Près de 30 % protègent contre plusieurs dangers naturels à la fois, ce qui explique que la somme de parts d'effet protecteur dépasse 100 %. Les mécanismes de protection varient selon le danger naturel. Dans le cas des glissements de terrain, les racines des arbres jouent un rôle déterminant de stabilisation et de drainage du sol. Dans celui des avalanches, les forêts protectrices évitent leur déclenchement en empêchant la formation de couches de neige instables dans la zone des arbres. Lors de chutes de pierres, les arbres freinent, voire immobilisent les blocs dévalant la pente. Et dans les processus d'écoulement, la structure de la forêt influence la quantité de matériaux charriés et de bois aboutissant dans les cours d'eau.

Soins aux forêts protectrices

L'efficacité d'une forêt protectrice dépend beaucoup de sa structure et de son stade de développement et peut donc changer avec le temps. Pour un effet protecteur durable, la plupart doivent être entretenues par des mesures ciblées destinées à améliorer leur structure et à les régénérer durablement. L'adaptation de la composition en essences aux changements climatiques est aussi une tâche importante. La nature des interventions et leur fréquence dépendent des conditions topographiques, des types de dangers naturels, des biens à protéger ainsi que de l'évolution historique et de l'état actuel de la forêt protectrice.

Durant la dernière décennie, quelque 93 000 ha de forêt protectrice ont été entretenus en Suisse, soit environ 17 % de sa surface totale de forêt protectrice (Abegg et al. 2023). La part de surface entretenue varie selon la région. Par rapport à la forêt protectrice délimitée, elle s'élevait resp. à 41 % sur le Plateau (10 000 ha), à 34 % dans le Jura (11 000 ha), à 25 % dans les Préalpes (29 000 ha), à 17 % dans les Alpes (40 000 ha) et à 3 % dans le sud des Alpes (3000 ha). Les différences s'expliquent surtout par l'accès plus difficile aux forêts protectrices du sud des Alpes et des Alpes et par des rythmes de croissance différents. De plus, environ 38 000 ha de forêt protectrice ont fait l'objet de mesures de protection spécifiques (Abegg et al. 2023), comme l'évacuation d'épicéas infestés par les scolytes ou les épicéas récemment renversés pour freiner la propagation de ces ravageurs. La surface de forêt ayant nécessité ce type de mesures a augmenté de 60 % sur la dernière décennie, une forte hausse imputable aux périodes de sécheresse exceptionnelles depuis 2018 ainsi qu'à des tempêtes.

Les coûts des soins aux forêts protectrices sont assumés par la Confédération, les cantons et d'autres bénéficiaires (communes, exploitants d'infrastructures, etc.). La Confédération règle avec les cantons dans des conventions-programmes les prestations à fournir, les critères de qualité associés et les conditions-cadres financières. Elle participe financièrement à l'entretien de ces forêts et de l'infrastructure nécessaire ainsi qu'aux mesures de protection des forêts.

Composition en essences et densité des peuplements

La composition en essences de beaucoup de forêts protectrices est marquée par leur gestion passée (point 4.3).

Jusque dans les années 1980, l'épicéa, qui pousse naturellement avant tout à haute altitude, a aussi été très favorisé à basse et moyenne altitude. Une comparaison des peuplements des placettes IFN avec les types de stations forestières développés dans le projet Gestion durable des forêts de protection (NaiS) (OFEV 2024, ARGE Frehner 2020) montre que la part d'épicéas est plus élevée en forêt protectrice qu'en forêt naturelle, notamment dans les hêtraies, les hêtraies à sapin et les pessières-sapinières (Abegg et al. 2023). Or les forêts riches en épicéas sont très sensibles à la sécheresse, aux scolytes et à d'autres perturbations, ce qui peut affaiblir leur effet protecteur. Le réchauffement climatique accroît encore le risque de perturbations suivies d'une perte temporaire de l'effet protecteur, car il fragilise aussi les essences poussant dans leur aire naturelle de répartition.

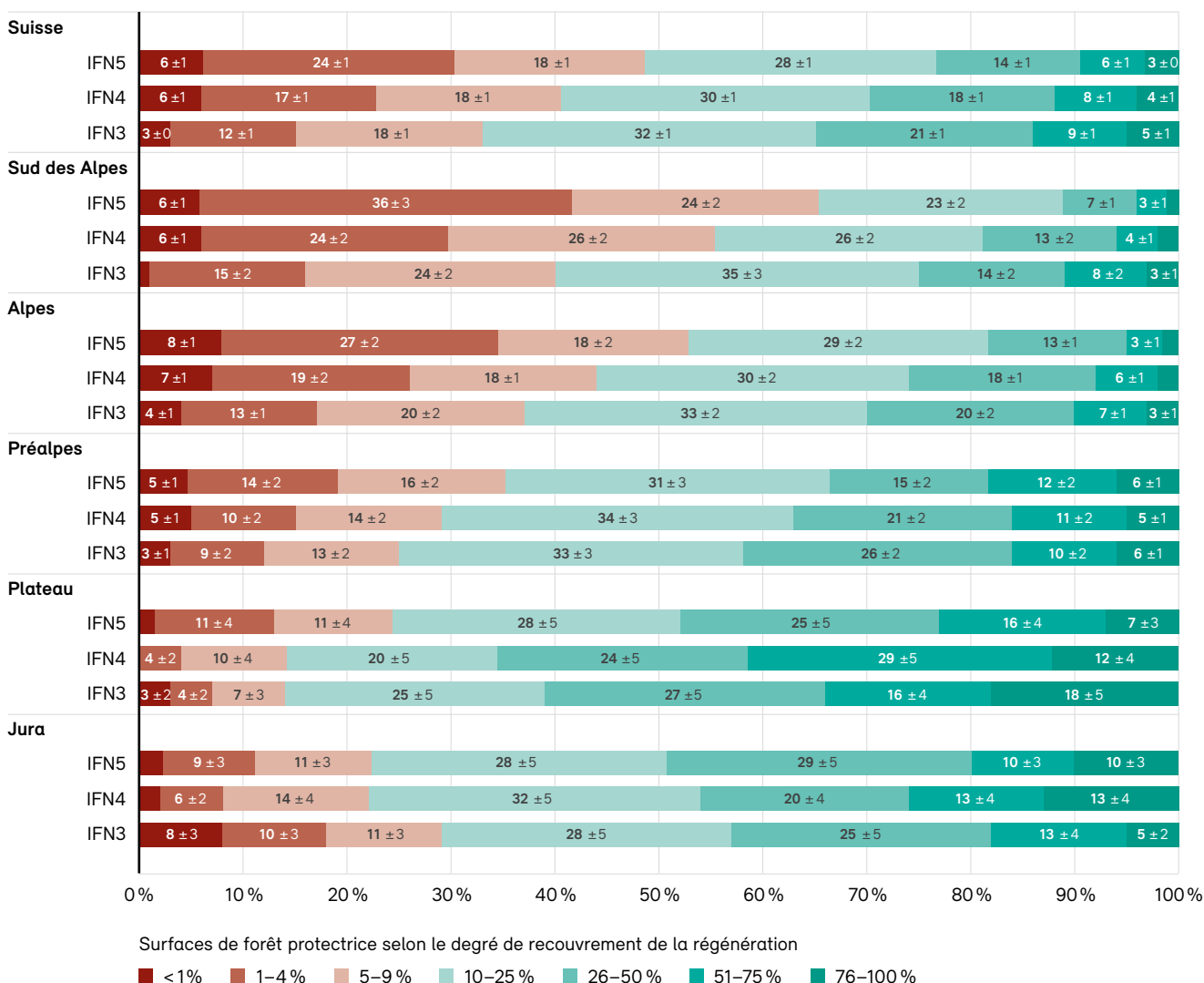
Dans l'ensemble, les forêts protectrices se sont densifiées durant la dernière décennie (Abegg et al. 2023). Les forêts aérées ou clairiérées ont reculé dans toutes les parties du pays, celles avec un degré de recouvrement de plus de 80 %, selon les photos aériennes, ont progressé. En outre, les volumes de bois ont encore augmenté dans les Alpes et le sud des Alpes. Ils se sont accrus de 5 % dans les Alpes et de 13 % dans le sud des Alpes, atteignant resp. 360 m³/ha et environ 290 m³/ha (Abegg et al. 2023 ; point 1.2). Cette densification reflète certes le succès de la reconstitution de forêts et de l'amélioration de l'effet protecteur contre les dangers naturels au cours des dernières décennies, mais cette tendance doit être évaluée de manière critique en ce qui concerne la diversité structurelle des peuplements et le rajeunissement continu. En effet, ces deux facteurs sont déterminants pour le maintien durable de la protection et l'adaptation nécessaire des forêts protectrices aux changements climatiques.

Structure des peuplements et régénération

Les forêts protectrices à une strate et celles pauvres en régénération sont devenues plus fréquentes durant la dernière décennie (Abegg et al. 2023 ; point 1.3). Aujourd'hui, près de 40 % des forêts protectrices en Suisse n'ont qu'une strate. Leur part est supérieure à la moyenne nationale dans le sud des Alpes (44 %), mais très inférieure dans le Jura (24 %) et sur le Plateau (30 %). Les peuplements à une strate sont particulièrement défavorables lorsqu'ils manquent de recrûs, car il leur faut beaucoup de temps pour se remettre d'une perturbation. Dans l'ensemble, la

Figure 5.1.2

Parts des degrés de recouvrement de la régénération en forêt protectrice dans l'IFN5 (2018-2022), l'IFN4 (2009-2017) et l'IFN3 (2004-2006) dans les cinq régions de production et pour l'ensemble de la Suisse.



Source : IFN

part de forêt protectrice pauvre en rajeunissement (degré de recouvrement de la régénération inférieur à 5 %) a augmenté. Elle atteint aujourd'hui 30 % de la surface totale de ces forêts (fig. 5.1.2). Là aussi, les différences régionales sont considérables. Ainsi, dans le Jura et sur le Plateau, environ 12 % de la surface de forêt protectrice est pauvre en régénération, contre 19 % dans les Préalpes, 34 % dans les Alpes et 41 % dans le sud des Alpes.

Les causes de cette forte hausse sont diverses (point 4.2). Parmi celles-ci figurent notamment le manque de lumière

consécutif à la densification des forêts ainsi qu'un abrutissement toujours aussi élevé par les chevreuils, les cerfs et les chamois. Les résultats de l'IFN5 (2018-2022) montrent qu'en forêt protectrice, 18 % des jeunes arbres de 10 à 129 cm de hauteur ont vu leur pousse terminale abrutie l'année précédant l'inventaire (Abegg et al. 2023). Dans le sud des Alpes, 29 % des jeunes arbres ont été abrutis. L'abrutissement touche en particulier le sapin (31 %), l'érable (24 %) et le chêne (25 %), trois essences d'avenir qui, en tant que telles, revêtent une grande importance pour l'adaptation aux changements climatiques.

Une forêt protectrice adaptée au climat

La progression rapide des changements climatiques pose de nouveaux défis pour la forêt protectrice et sa gestion. Des essences y jouant un rôle essentiel souffrent de plus en plus du stress thermique et hydrique. De plus, les changements climatiques associés à des hausses régionales des volumes de bois accroissent le risque de perturbations à grande échelle telles que chablis, infestations de scolytes ou incendies de forêt. Pour pérenniser l'effet protecteur recherché, l'adaptation de ces forêts à l'évolution du climat doit être soutenue et leur résilience améliorée. Les coupes de régénération, notamment, apportent de la lumière dans des peuplements denses aux structures homogènes et favorisent ainsi le rajeunissement naturel, tout en diminuant la progression des peuplements à une strate. Les interventions doivent viser à promouvoir la diversité des essences en général et de celles d'avenir en particulier (chêne dans les peuplements de hêtre ou sapin dans les peuplements d'épicéa), p. ex. par la régénération naturelle et éventuellement par des plantations. Il est important que la pression de l'abroustissement soit suffisamment contenue pour que les jeunes arbres puissent grandir. Les perturbations affaiblissent par endroits l'effet protecteur, faisant périr des arbres et provoquant parfois de grandes trouées. Un soutien ciblé de la régénération préalable accélère la recolonisation après des tempêtes et/ou des infestations de coléoptères, car des recrûs se trouvent ainsi déjà sous le peuplement principal. La conservation d'arbres morts sur pied ou à terre maintient une partie de l'effet protecteur contre les avalanches et les chutes de pierres, tout en améliorant à long terme la régénération de la forêt, le bois en décomposition formant un bon lit de germination (fig. 5.1.3).

Figure 5.1.3

Forêt protectrice sur les hauts de Bonaduz (GR). Des peuplements diversifiés avec suffisamment de lumière, différentes essences et du bois mort améliorent la résilience de la forêt. Photo : Peter Bebi



5.2 Eau potable

Barbara Allgaier Leuch, Sabine Braun, Katrin Meusburger, Simon Tresch, Miriam Reinhardt, Peter Waldner, Oliver Wolf

- Les eaux souterraines des zones forestières sont en général de si bonne qualité qu'elles peuvent être injectées sans traitement dans le réseau d'eau potable.
- Le lessivage des nitrates des sols forestiers n'a guère évolué durant la dernière décennie. Il peut être localement élevé, signalant une charge excessive d'azote.
- Pour abaisser la concentration de nitrates dans les eaux d'infiltration et donc dans l'eau potable de zones forestières, les dépôts atmosphériques azotés doivent être réduits. Des mesures sylvicoles renforçant la résilience de la forêt permettent de limiter le risque de lessivage de nitrates après des perturbations.

Comme la structure du Rapport forestier se base sur les critères de Forest Europe pour une gestion durable des forêts en Europe (Forest Europe 2020), le rôle de la forêt dans la fourniture d'eau potable propre est traité au chapitre « Forêt protectrice ». En Suisse, ce terme ne s'applique pas aux forêts fournissant de l'eau potable, il est réservé aux surfaces boisées qui protègent des personnes ou des infrastructures contre les dangers naturels (point 5.1).

La protection de l'eau potable dans les zones forestières

Chaque année, environ un milliard de mètres cubes d'eau sont injectés dans le réseau d'eau potable, dont 20 % provenant de lacs et 80 % d'eaux souterraines (SSIGE 2023). Les eaux souterraines de bassins versants boisés sont en général de si bonne qualité qu'elles peuvent être consommées sans être traitées (OFEV 2019b). En effet, l'utilisation de fertilisants et de produits phytosanitaires est interdite dans la gestion forestière. Des dérogations n'existent que pour certains cas bien précis, p. ex. le traitement de bois ronds avec des insecticides contre le scolyte liseré sur les aires d'entreposage (annexes 2.5 et 2.6 de l'ordonnance du 18 mai 2005 sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim, RS 814.81). En outre, la végétation forestière le plus souvent très fermée et le sol en général non perturbé interceptent une grande partie des polluants atmosphériques avant qu'ils ne parviennent dans les eaux souterraines.

Les cantons sont tenus de délimiter des zones de protection autour des captages d'eaux souterraines pour protéger l'eau potable de dangers directs (art. 20 de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux, LEaux, RS 814.20). Ces zones comportent des restrictions d'utilisation. Ainsi, les traitements insecticides du bois rond à terre sur les aires d'entreposage sont interdits en forêt dans les zones de protection S1 (zone de captage), S2 (zone de protection rapprochée) et Sh (zone de protection à haute vulnérabilité) (annexe 2.5 ORRChim).

Selon une analyse de l'Inventaire forestier national (IFN), les zones de protection des eaux souterraines couvraient près de 250 000 ha au niveau suisse en 2022 (Abegg et al. 2023). Elles se situaient pour moitié en forêt et pour moitié en terres ouvertes. Comme la forêt ne constitue qu'à peu près un tiers du territoire national, la part relative de zones de protection des eaux souterraines y est sensiblement plus élevée (10 %) qu'en terres ouvertes (4 %). Cela n'est pas surprenant, car les distributeurs préfèrent les zones boisées où les coûts de production de l'eau potable sont nettement plus bas en raison de la haute qualité des eaux souterraines. Les restrictions d'utilisation peuvent toutefois occasionner des charges supplémentaires ou des pertes de recettes aux gestionnaires forestiers.

Le lessivage des nitrates dans les sols forestiers

La concentration de nitrates est importante dans l'évaluation de la qualité de l'eau potable. Si elle est élevée, des risques pour la santé humaine ne peuvent être exclus (Rohrman et al. 2021). Les captages d'eau potable en zones agricoles sont en général plus chargés en nitrates que ceux des zones forestières. C'est pourquoi les eaux souterraines exploitées en zones agricoles sont souvent mélangées à celles de captages forestiers. Les concentrations de nitrates peuvent aussi être élevées en forêt, surtout lorsque les dépôts atmosphériques azotés, issus en grande partie de l'agriculture, sont importants (point 2.1). Une charge d'azote excessive conduit à un lessivage des nitrates dans les sols forestiers (CLRTAP 2017b, Bobbink et al. 2022). Il peut en résulter des pertes d'éléments nutritifs entraînant une acidification du sol (point 2.2) et des apports de nitrates dans les eaux souterraines.

Les eaux d'infiltration des sols forestiers influencent la qualité des eaux souterraines. Des mesures effectuées de 2002 à 2022 dans les placettes du programme Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF) et de l'Observation intercantonale permanente des forêts (WDB) ont montré que les maxima annuels des concentrations de nitrates dans l'eau d'infiltration dépassaient sur 69 % des sites et dans 26 % des échantillons la valeur limite de 25 mg/l pour les eaux souterraines (fig. 5.2.1). Comme les concentrations de nitrates se diluent lors de l'infiltration par pédoturbation et dénitrification, les maxima dans les eaux souterraines ne dépassaient la valeur limite que dans environ 2 % des stations de mesure en forêt de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (OFEV 2023b). La concentration moyenne de nitrates était de 4 à 8 mg/l (OFEV 2019b, OFEV 2023b).

Un lien étroit existe entre les dépôts atmosphériques azotés élevés et les concentrations de nitrates dans l'eau d'infiltration (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). Au début des années 2000, les deux étaient en léger recul en zone forestière. Depuis lors, ils stagnent à un niveau élevé (fig. 5.2.1 ; Thimonier et al. 2019). Les conditions édaphiques, la composition en essences et le mode de gestion forestière influencent aussi l'ampleur du lessivage (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). Ainsi, des essais menés aux États-Unis et dans divers pays européens (Hegg et al. 2004) et des observations en Suisse (Schleppi et al. 2017, Braun et al. 2020a) ont montré qu'une coupe de bois ou une forte perturbation d'un peuplement (p. ex. chablis ou infestation de scolytes) pouvaient entraîner une hausse importante du lessivage de nitrates jusqu'à cinq ans après l'événement.

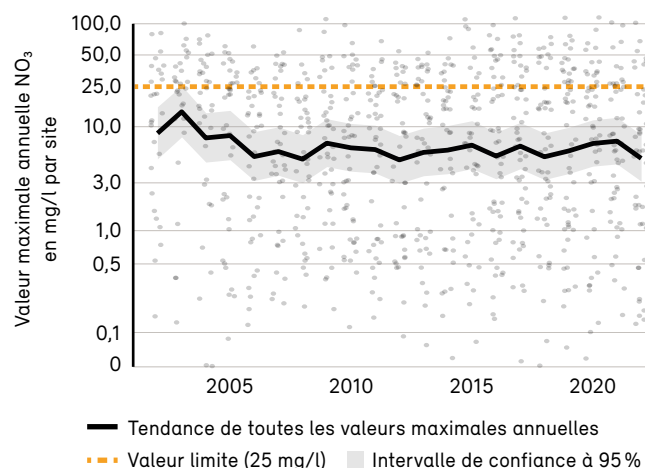
Promotion de la qualité de l'eau potable

La protection de la forêt dans son étendue et en tant que milieu naturel, telle que prévue par la loi, intègre aussi la protection de l'eau potable. Les gestionnaires forestiers peuvent améliorer la qualité de l'eau potable ou limiter le risque de pollution par des mesures volontaires, p. ex. en augmentant la part de feuillus dans un peuplement anormalement riche en résineux, ou en n'utilisant que des carburants et des lubrifiants biodégradables pour la gestion (Blatter et al. 2012). Certains propriétaires forestiers ont réglé contractuellement avec les distributeurs d'eau potable la fourniture et le financement de ce type de prestations (Godi 2020).

Les changements climatiques posent de nouveaux défis à la protection des eaux en forêt, car ils augmentent les perturbations qui favorisent le lessivage des nitrates dans les zones exposées à des dépôts azotés élevés. Les résultats du WDB montrent que dans ces zones, les hêtres ont moins bien supporté les sécheresses estivales (Braun et al. 2021), les épicéas ont plus vite dépéri (Tresch et al. 2023) et les deux essences ont été plus vulnérables aux tempêtes (Braun et al. 2023b). La réduction des dépôts atmosphériques azotés et une sylviculture qui renforce la résistance et la résilience des peuplements aux perturbations et soutient l'adaptation de la forêt aux changements climatiques sont autant de facteurs qui permettent de garantir une faible concentration de nitrates dans l'eau d'infiltration et donc dans l'eau potable en forêt.

Figure 5.2.1

Maxima annuels des mesures mensuelles de la concentration de nitrates dans l'eau d'infiltration sur 45 placettes WDB et 8 placettes LWF de 2002 à 2022. Est prise en compte la concentration de nitrates de la mesure la plus basse sur chaque site.



Source : Simon Tresch (IAP), Katrin Meusburger (WSL)

6

Économie sociale

Chemins de randonnée sur l'Uetliberg (ZH) : la forêt est un espace de détente et de bien-être au service de la population, surtout à proximité de la ville.

Photo : Roland Olschewski



Hohenspeinstrasse

47

Flüchtlingsland
Freizeitland

Altliberg 30 min

Altliberg Uto Kulm 40 min

Feldenmooshau 30 min

Altstetten 55 min

Schlieren 1 h 35 min

Urdorf 1 h 35 min

Albisrieden 45 min



6 Économie sociale

Roland Olschewski, Clémence Dirac Ramohavelo

La filière de la forêt et du bois fournit de multiples prestations à l'économie et à la population suisses. De même, les êtres humains et l'économie ont une grande influence sur l'exploitation de la forêt et de la ressource bois. Les exigences croissantes de la population à l'égard des propriétaires forestiers privés et publics et de la multifonctionnalité de la forêt comportent à la fois des avantages et des inconvénients. D'une part, ce peut être une occasion d'élargir les sources de revenu, par exemple avec les certificats de stockage de carbone. D'autre part, des conflits d'objectifs peuvent apparaître lorsque plusieurs prestations forestières doivent être assurées en même temps, comme la production de bois brut, les possibilités de détente et la protection contre les dangers naturels. À cela s'ajoutent les conséquences des changements climatiques, qui nécessitent des investissements dans l'adaptation de la forêt. L'exploitation accrue de ressources naturelles en raison de la transition énergétique pose aussi un défi à la gestion forestière. Dans ce contexte, une meilleure coordination et intégration de la politique au-delà des limites sectorielles s'avèrent nécessaires.

6.1 La propriété forestière

Matthias Biolley, Claire-Lise Suter Thalmann

- Au total, 71 % de la surface forestière appartiennent à 3400 propriétaires publics, qui possèdent en moyenne 265 ha de forêt. Les 29 % restants sont aux mains de 245 000 particuliers, qui détiennent en moyenne 1,5 ha de forêt.
- Pour les propriétaires privés, les valeurs immatérielles sont souvent aussi importantes voire plus importantes que l'utilité matérielle de la gestion forestière.
- Le nombre d'entreprises forestières tend à diminuer en raison d'assainissements structurels. La grandeur moyenne de celles qui restent augmente.

Catégories de propriétaires

La forêt suisse est, de par la loi, accessible à tous. C'est pourquoi la population n'a souvent pas conscience que chaque forêt a un propriétaire. En 2021, la surface forestière totale se répartissait entre quelque 248 000 propriétaires publics et privés, ces derniers représentant 99 % des propriétaires (fig. 6.1.1 ; OFS 2022a). Les propriétaires privés (PPR) possèdent en majorité de petites forêts de moins de 50 ha. Leur grandeur moyenne n'est que de 1,5 ha.

Les quelque 3400 propriétaires publics (PPU) détiennent 71 % de la surface forestière et assurent 64 % de l'exploitation de bois. Les surfaces sont ici nettement plus grandes que celles des PPR, avec une moyenne de 265 ha. La répartition des catégories de propriétaires diffère d'un canton à l'autre. En Appenzell Rhodes-Extérieures, 77 % de la forêt est en mains privées, contre seulement 9 % en Valais.

Au niveau national, 42 % des PPU sont des communes politiques et 41 % des communes bourgeoises. Ces deux collectivités disposent ensemble de près 750 000 ha de forêt, soit 59 % de la forêt suisse (OFS 2022a). Environ 5 % de la surface appartiennent à la Confédération et aux cantons, près de 7 % à d'autres PPU. La répartition et le nombre de propriétaires forestiers ont peu évolué durant la dernière décennie.

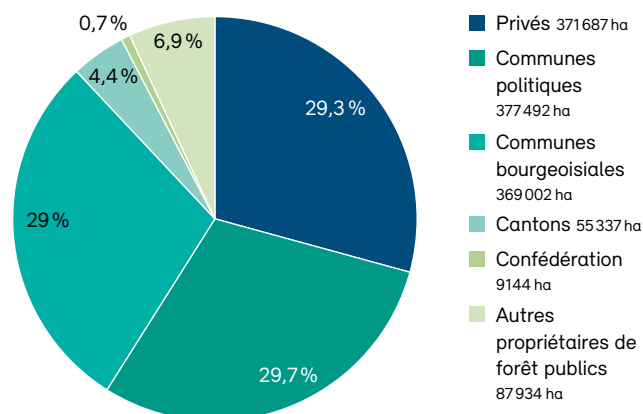
Sensibilité des propriétaires envers leur forêt

Les sensibilités des propriétaires envers leur forêt varient. Une étude parue en 2018 a dressé une typologie des propriétaires de forêt privés et publics (Walker et Artho 2018). Elle montre que 35 % des PPR ne poursuivent en général pas d'objectif spécifique avec leur forêt, et que 21 % se concentrent sur la récolte du bois. Ces derniers attachent de l'importance à une forêt saine et stable qui produit du bois. Ils habitent et travaillent plutôt en régions rurales. Les autres catégories de personnes, qui peuvent être qualifiées de protecteurs de la nature (11 %) et d'altruistes (16 %), privilégient l'entretien de la forêt. Le bois qu'elles récoltent sert surtout à couvrir leurs propres besoins en énergie.

Les PPU recherchent en premier lieu une forêt saine et stable (Walker und Artho 2018). Si la production du bois est prioritaire pour les corporations, les communes politiques et bourgeoises attachent plus d'importance aux prestations profitant à la collectivité, comme la promotion de la biodiversité ou la protection de l'eau potable.

Figure 6.1.1

Répartition de la surface forestière de la Suisse (en % et en ha) par type de propriétaire, 2021.



Source : OFS 2022a

Parmi les PPR, 64 % gèrent leur forêt en régie propre, 16 % la laissent se développer librement. Les PPR attachent très souvent autant voire plus d'importance aux valeurs immatérielles qu'à l'utilité matérielle de la gestion forestière. Quant aux PPU, 55 % gèrent leur forêt en régie propre avec des membres de la collectivité ou avec leur propre entreprise forestière, et 8 % ne gèrent pas du tout leur forêt (Walker et Artho 2018).

Évolution structurelle des entreprises forestières

En 2021, 2360 propriétaires ont confié la gestion de leurs forêts à 656 entreprises forestières, pour un total d'environ 795 000 ha ou 63 % de l'aire forestière suisse (OFS 2022a). La notion d'entreprise forestière a été redéfinie en 2015 lors de la révision de la statistique forestière suisse. Ainsi, une unité d'exploitation est considérée comme entreprise forestière si

- elle dispose de droits de propriété ou de disposition sur la zone forestière gérée pour plus d'un an ;
- elle couvre une surface productive minimale (Jura ≥ 200 ha, Plateau ≥ 150 ha, Préalpes ≥ 250 ha, Alpes et sud des Alpes ≥ 500 ha) ;
- elle tient des comptes consolidés.

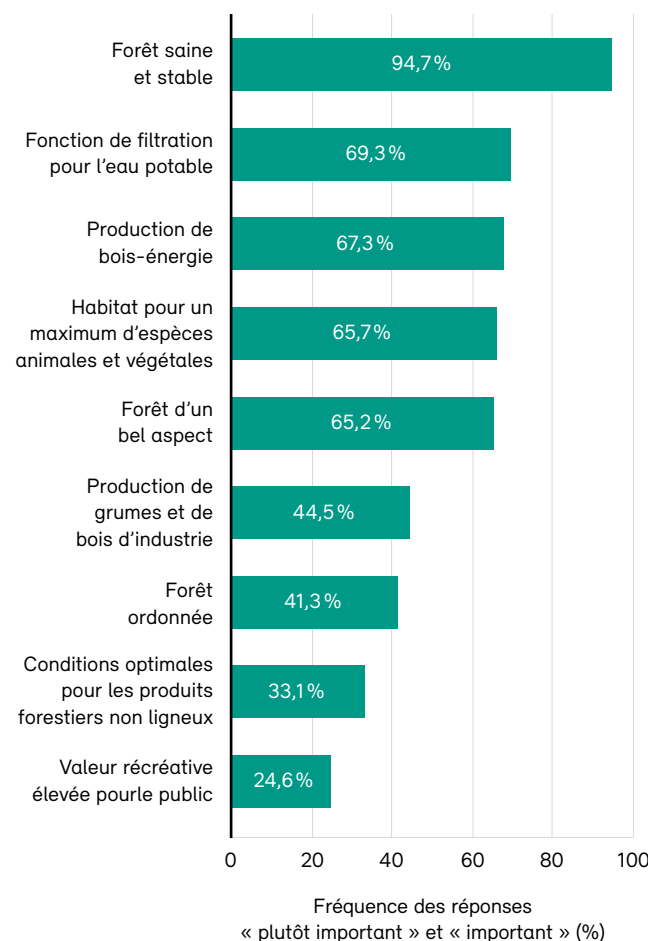
La majeure partie des forêts gérées par des entreprises forestières sont en mains publiques. Celles dont la gestion n'est pas organisée par une entreprise forestière (petite forêt publique ou privée) sont généralement gérées par des entrepreneurs forestiers privés.

Pour pouvoir continuer de travailler à l'avenir de manière économiquement durable, les entreprises forestières doivent s'organiser plus efficacement et se regrouper en plus grandes unités d'exploitation. La taille des entreprises forestières suisses a augmenté de 8 % en moyenne sur les sept dernières années (OFS 2022a), généralement à la suite de fusions. En revanche, la surface totale gérée par ces entreprises ne s'est pas agrandie. De même, les structures de gestion des petites forêts de moins de 50 ha n'ont guère changé. Compte tenu de la nécessité d'adapter les forêts aux changements climatiques, les petits propriétaires forestiers auraient avantage à s'organiser en unités

d'exploitation plus grandes et plus professionnelles ou à se rattacher à des entreprises forestières existantes. Celles-ci peuvent exécuter de manière plus professionnelle et plus économique les mesures sylvicoles rendues nécessaires par les nouvelles conditions.

Figure 6.1.2

Objectifs des propriétaires forestiers privés concernant l'exploitation de leur forêt.



Source : Walker et Artho 2018

6.2 Importance de la forêt et du bois pour l'économie nationale

Franz Murbach

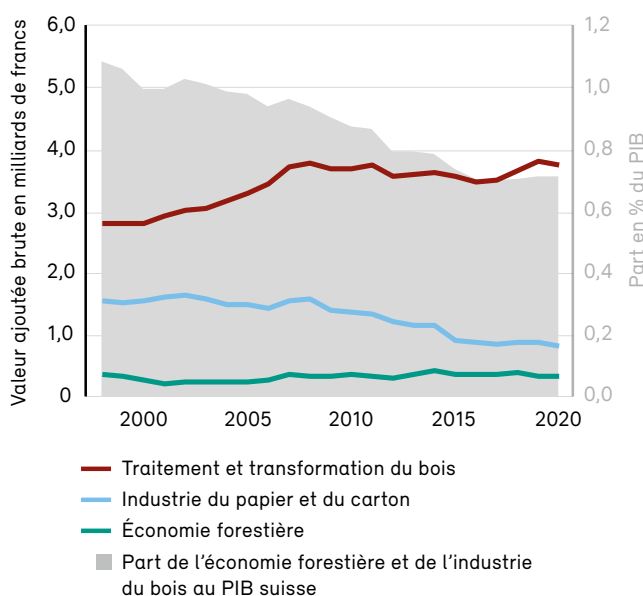
- Le volume et la valeur de production de l'économie forestière ont fluctué durant la dernière décennie. Depuis 2021, les prix du bois ont généralement augmenté en raison des problèmes d'approvisionnement liés à la pandémie et de la hausse de la demande provoquée par la guerre en Ukraine.
- En 2020, la valeur ajoutée brute de l'économie forestière et de l'industrie du bois se montait à 4,9 milliards de francs, soit 0,7 % du produit intérieur brut de la Suisse.
- La part de l'économie forestière à la performance économique cantonale varie d'un canton à l'autre. Elle dépend surtout de l'étendue et de la topographie de l'aire forestière.

Évolutions économiques

L'économie forestière et l'industrie du bois suisses ont produit en 2020 des biens et services d'une valeur de 12,7 milliards de francs et généré une valeur ajoutée brute de 4,9 milliards de francs, soit 0,7 % du produit intérieur brut (OFS 2022b). La création de valeur dans le domaine du traitement et de la transformation du bois, qui avait enregistré une hausse continue de 1998 à 2008, fluctue depuis lors entre 3,5 et 3,8 milliards de francs. L'industrie du papier et du carton a fortement reculé jusqu'en 2015 et stagné depuis (fig. 6.2.1). La tempête Lothar de fin 1999 avait provoqué une forte surproduction sur le marché du bois. Depuis lors, la valeur ajoutée brute de l'économie forestière a augmenté et se montait à environ 0,4 milliard de francs par an durant la dernière décennie. Elle a dépassé cette valeur en 2014, 2018 et 2021. Les prix des bois ronds ont baissé de 12 % entre 2014 et 2020, tandis que ceux du bois-énergie ont augmenté de 4 %. Entre 2020 et 2022, les prix du bois brut (+ 20 %) et des sciages (+ 27 %) ont aussi connu une forte hausse (OFS 2023). La reprise économique après la pandémie ainsi que la guerre en Ukraine ont considérablement influencé les marchés du bois. Fournir en temps voulu le bois d'œuvre et le bois-énergie pose un défi pour toute la filière du bois, car les caractéristiques de cette ressource ne permettent pas de réagir immédiatement à une hausse subite de la demande. Entre la récolte, le sciage, le séchage et la transformation, des mois, voire des années peuvent s'écouler.

Figure 6.2.1

Valeur ajoutée brute de l'économie forestière et de l'industrie du bois en Suisse, en prix courants, et part du produit intérieur brut suisse.



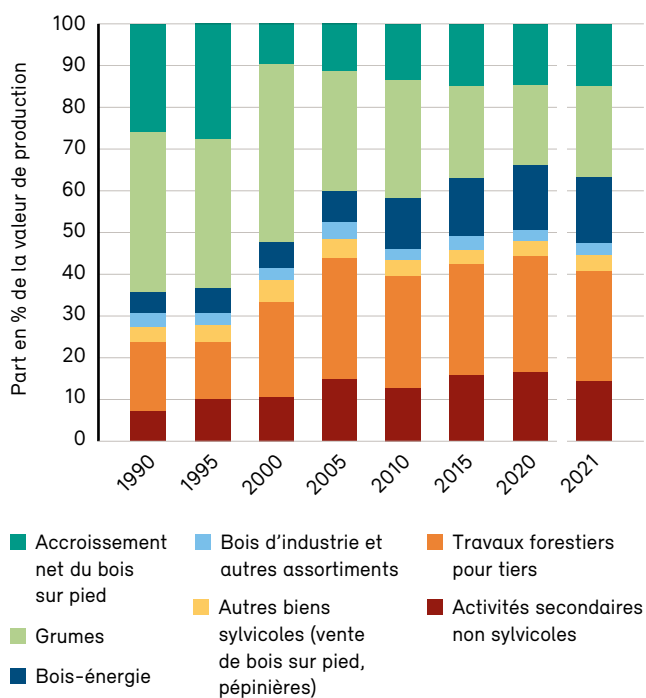
Sources : OFS 2022b, OFS 2022c

Diversification et spécialisation de la production de l'économie forestière

La composition de la valeur de production de l'économie forestière suisse a changé depuis 1990 et reflète une profonde mutation (fig. 6.2.2). Les activités secondaires non sylvicoles ont augmenté, témoignant d'une diversification des entreprises et entrepreneurs forestiers, p. ex. dans le secteur de la transformation du bois. Les services forestiers (travaux pour tiers comme la coupe de bois) exécutés par des entrepreneurs spécialisés pour le compte de propriétaires forestiers sont devenus plus importants, surtout depuis la tempête Lothar. La part des grumes dans la production a fortement reculé au cours de la dernière décennie, alors que le bois-énergie a gagné du terrain (points 3.2 et 6.7). L'accroissement net du volume sur pied dans les forêts économiquement exploitables est notamment influencé par les évolutions différentes des prix du bois et des coûts de récolte (sans les forêts protégées et non économiques, dans lesquelles les coûts de récolte dépasseraient le produit potentiel de la vente). Ces changements se répercutent sur

Figure 6.2.2

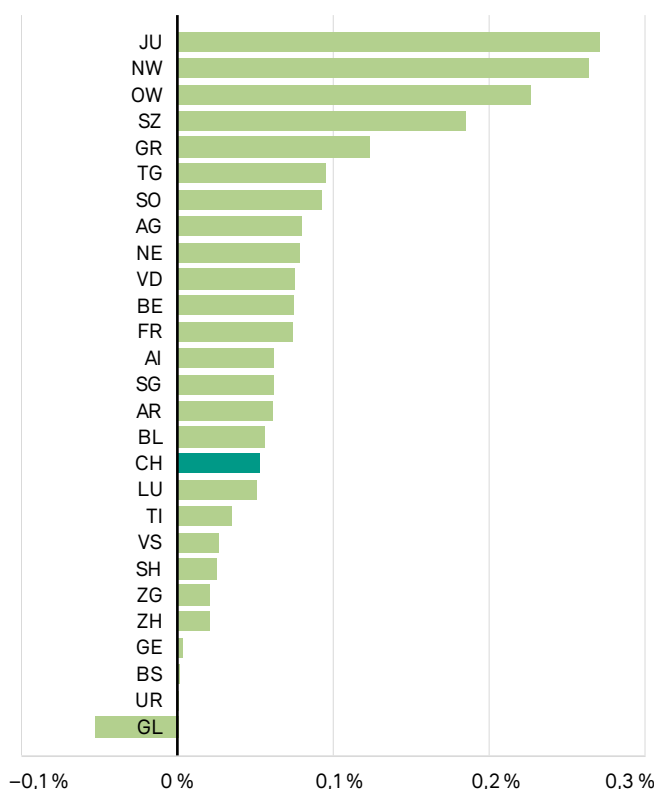
Répartition des valeurs de production dans l'économie forestière, en prix courants.



Source : OFS 2022c

Figure 6.2.3

Part de la valeur ajoutée brute de l'économie forestière à la performance économique cantonale, en prix courants, 2020.



Sources : OFS 2022c, OFS 2022d

la valeur du volume de bois sur pied (point 1.2). Si le volume de ce stock (économique, non économique et protégé) dans la forêt suisse, qui était de 380 millions de m³ en 1990, a augmenté à près de 440 millions en 2021 (OFS 2022c), sa valeur sur cette même période a fortement baissé, passant de près de 20 milliards de francs à moins de 7 milliards, principalement en raison d'une hausse continue des coûts de récolte. Ceux-ci ont globalement fait baisser la valeur alors que les prix des bois bruts fluctuaient d'une année à l'autre.

Importance économique de l'économie forestière

La part de l'économie forestière à la performance économique cantonale varie selon les cantons (fig. 6.2.3). Dans celui du Jura, elle représentait près de 0,3 % de la valeur ajoutée brute en 2020, tandis que dans des cantons majoritairement urbains comme Bâle-Ville ou Genève, elle était sensiblement plus basse. Les faibles valeurs dans les cantons de Glaris

et d'Uri montrent que la production du bois ne couvre pas chaque année les dépenses préalables, car la topographie alpine renchérit considérablement la gestion forestière et l'exploitation du bois. Il faut toutefois se rappeler qu'outre la production de bois relevée dans les statistiques, la forêt fournit « gratuitement » de nombreux services écosystémiques non recensés (point 3.4). La comptabilité nationale ne reflète donc pas entièrement l'importance socio-économique effective de l'économie forestière.

6.3 Situation économique des entreprises forestières

Matthias Biolley, Janine Schweier

- Dans l'ensemble, la situation économique des entreprises forestières a peu changé durant la dernière décennie.
- Il existe dans chaque zone forestière des entreprises qui dégagent un bénéfice de la gestion des forêts. En moyenne toutefois, le résultat financier est négatif.
- L'adaptation des forêts aux changements climatiques et la fréquence accrue d'événements extrêmes posent d'importants défis aux entreprises forestières. Les principaux leviers d'une exploitation durable sont la réduction des coûts et la valorisation économique des services écosystémiques.

Coûts, recettes et résultats financiers

Le résultat global des entreprises forestières suisses s'est légèrement amélioré, notamment grâce à la hausse marquée des prix enregistrée depuis 2021. Dans l'ensemble,

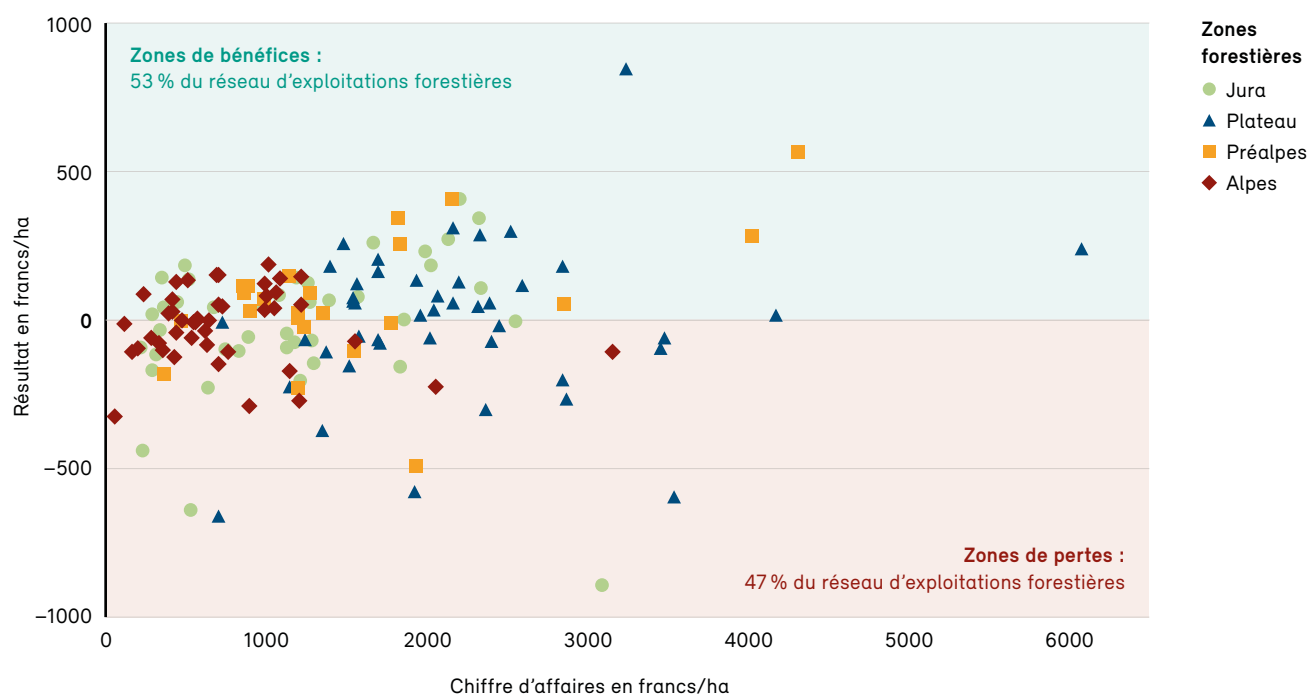
leur situation économique a peu changé durant la dernière décennie. Elles sont confrontées à des coûts élevés et à des recettes du bois plutôt faibles (OFEV 2022c).

Selon la statistique forestière suisse, les coûts des entreprises forestières en Suisse se sont montés à environ 590 millions de francs en 2021, les recettes à environ 583,5 millions. Il en est donc résulté une perte de 6,5 millions de francs. Bien que négatif, ce résultat est une nette amélioration sachant qu'entre 2010 et 2020, la perte annuelle moyenne était de plus de 41 millions de francs (OFS 2022a).

Les indicateurs de 2021 du réseau d'exploitations forestières de la Suisse (REF) – un échantillon de 160 entreprises forestières sélectionnées – montrent une situation financière très hétérogène (Bürgi et al. 2021). Les coûts de gestion forestière les plus élevés en francs par mètre cube plein (CHF/m³p) ont

Figure 6.3.1

Dispersion des résultats d'exploitation des entreprises forestières du REF par zone forestière, 2021.



Source : Bürgi et al. 2021

été enregistrés dans les Alpes (184 CHF/m³p), les plus bas dans le Jura (89 CHF/m³p). Les recettes par m³p, y compris contributions des pouvoirs publics, étaient aussi les plus élevées dans les Alpes (165 CHF/m³p) et les plus basses dans le Jura (91 CHF/m³p).

Si l'on rapporte les résultats à l'hectare, c'est sur le Plateau que les coûts et les recettes de la gestion forestière sont les plus élevés (1031 CHF/ha, resp. 942 CHF/ha), et dans les Alpes qu'ils sont les plus bas (366 CHF/ha, resp. 328 CHF/ha), ce qui s'explique par une intensité d'exploitation (en m³p/ha) nettement plus faible en montagne que sur le Plateau. Le résultat moyen de la gestion forestière était ainsi de 11 CHF/ha dans le Jura contre de – 89 CHF/ha sur le Plateau, les Préalpes et les Alpes affichant respectivement – 24 CHF/ha et – 38 CHF/ha.

Les prestations à des tiers telles que coupes de bois dans les jardins, visites ou activités pour d'autres forêts ont eu une influence positive sur le résultat d'exploitation (+ 12 CHF/ha). En revanche, la vente de biens (copeaux, transformation du bois, sapins de Noël, etc.) a eu un impact négatif (– 7 CHF/ha). Le résultat financier moyen de l'entreprise totale (y c. gestion forestière, production de biens et prestations de services) s'est monté à – 29 CHF/ha.

Les résultats des entreprises forestières du REF présentent aussi une forte dispersion au sein d'une même zone forestière (fig. 6.3.1), ce qui montre que les résultats financiers ne dépendent pas seulement d'influences naturelles comme la topographie.

Facteurs explicatifs et postes de recettes

Les coûts élevés sont surtout causés par les effectifs de personnel et les parcs d'engins qui, dans beaucoup d'entreprises, ne sont pas optimalement adaptés aux conditions d'exploitation. Les entreprises du Plateau ont la plus grande densité de personnel par hectare de forêt exploitée, celles des Alpes la plus faible, notamment en raison d'une exploitation moins intensive en montagne. En général, les entreprises avec d'importants effectifs de personnel et parcs d'engins affichent un taux de prestations propres plus élevé, car elles veillent à utiliser au mieux les ressources dont elles disposent (Bürgi et Pauli 2016). Il en résulte notamment l'emploi de procédés inadaptés et plus coûteux, surtout pour la récolte de bois.

Le principal poste de recettes des entreprises du REF est la gestion forestière (51 %), qui comprend le produit de la vente du bois (26 %), les soutiens et indemnités publics de la gestion des forêts protectrices (23 %) et les autres produits de la gestion forestière (2 %). Les autres sources de revenu sont les prestations de services (35 %) et la vente de biens (14 %) (Bürgi et al. 2021). Les services écosystémiques qui ne sont pas explicitement commandés par les pouvoirs publics, comme les prestations récréatives, restent en bien des endroits difficilement valorisés.

Malgré une situation économique globalement difficile, il existe dans chaque zone forestière des entreprises bénéficiaires, qui suivent toutefois différentes stratégies. Si 14 % d'entre elles concentrent leurs activités économiques presque exclusivement sur la gestion forestière, une majorité (86 %) fournit des services à des tiers dans des proportions moyennes à élevées, et produit des biens en plus de la gestion forestière (Bürgi et al. 2021).

Stratégies pour l'avenir

Une réduction du taux de prestations propres et l'adoption d'une stratégie claire pourraient aider beaucoup d'entreprises à mieux exploiter les technologies modernes de l'information et de la communication, ce qui permettrait d'améliorer la productivité de la gestion forestière (Bürgi et Pauli 2016). Une condition importante serait que les effectifs de personnel et les parcs d'engins soient parfaitement adaptés à la surface d'exploitation. Cette optimisation, associée à l'engagement accru et flexible d'entrepreneurs et à l'utilisation d'engins forestiers plus efficaces, permettrait de réduire les coûts. Un autre point tout aussi important serait la valorisation appropriée de prestations forestières qui ne sont pas encore indemnisées, p. ex. dans le domaine récréatif (point 3.4). L'optimisation de la structure des coûts devrait être une priorité absolue, sachant que de nombreuses entreprises forestières devront faire de gros investissements pour adapter leurs forêts aux conséquences des changements climatiques.

6.4 Soutien de l'économie forestière par la Confédération

Tobias Schulz, Tamaki Ohmura, Jacqueline Bütikofer, Michael Husistein

- Depuis 2016 au plus tard, les contributions fédérales sont basées sur l'adaptation aux changements climatiques, entraînant ainsi un soutien accru aux soins sylvicoles en dehors des forêts protectrices.
- Entre 2021 et 2024, les contributions aux mesures de soins aux forêts ont été augmentées à titre exceptionnel face à l'aggravation et à la multiplication des conséquences climatiques en particulier des années sèches.
- La « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 » permet d'améliorer la coordination entre la politique forestière et celle de la ressource bois, créant une nouvelle base pour les contributions fédérales.

Évolution historique de la politique de soutien de la forêt

Contrairement aux fondements très stables de la politique forestière comme l'obligation de maintien de la forêt, la politique de soutien a évolué de façon dynamique. Au

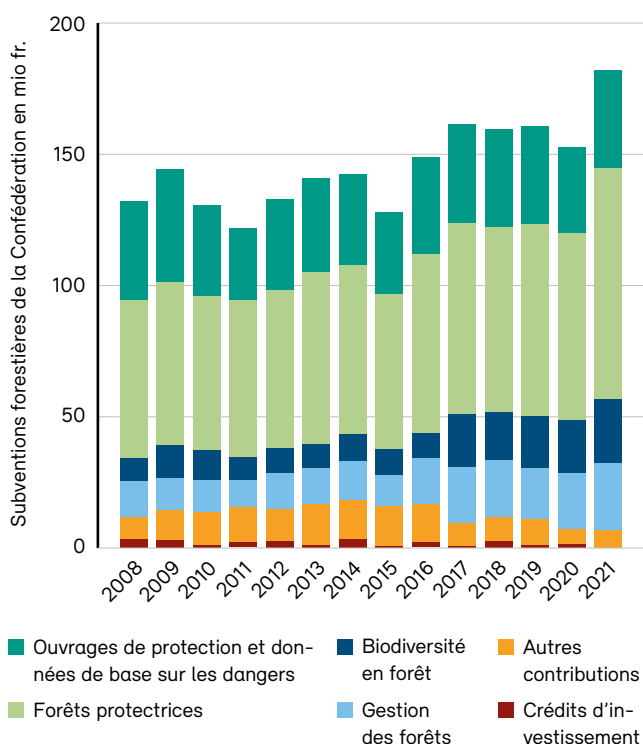
début, elle était limitée aux reboisements, aux travaux d'aménagement et aux infrastructures comme les routes forestières. Au milieu des années 1980 se sont ajoutées les contributions pour la gestion des forêts de montagne. Elles ont été élargies peu après à toutes les forêts de Suisse dans le contexte du débat sur la mort des forêts (Zimmermann 2015). Les subventions fédérales ont ainsi considérablement augmenté, dépassant par moments 300 millions de francs annuels après les tempêtes dévastatrices Vivian (1990) et Lothar (1999).

Évolution des contributions fédérales de 2008 à 2015

Depuis la « réforme de la péréquation financière et de la répartition des tâches entre la Confédération et les cantons » (RPT) en 2008, les contributions fédérales à la gestion des forêts ne sont plus axées sur les coûts, mais sur les prestations. Durant la première période RPT (2008-2011), elles étaient de 130 millions de francs par an en moyenne (fig. 6.4.1).

Figure 6.4.1

Subventions forestières de la Confédération depuis 2008.



Jusqu'en 2019, le soutien de la forêt était constitué des trois programmes « Forêts protectrices », « Biodiversité en forêt » et « Gestion des forêts » ainsi que d'« autres contributions ». Ces dernières ont été affectées à des mesures de la politique de la ressource bois, au programme de recherche « Forêt et changements climatiques » et à la protection des forêts. Les contributions fédérales à la gestion des forêts comprennent aussi les crédits d'investissement pour l'amélioration des structures des entreprises et des méthodes de travail, qui ont été très importantes en particulier pour la gestion des conséquences de la tempête Lothar (Zimmermann 2015). Outre la forêt, la protection contre des dangers naturels tels que glissements de terrain, chutes de pierres, avalanches est soutenue par le programme « Ouvrages de protection et données de base sur les dangers ».

La réalisation des objectifs des différents programmes est une tâche commune au sens des conventions-programmes de la RPT, financée à peu près paritairement par la Confédération et les cantons, ce qui permet d'adapter les objectifs nationaux aux conditions cantonales. Les cantons fixent ponctuellement des priorités différentes pour les programmes et leurs objectifs.

Sur les deux premières périodes RPT (2008-2011 et 2012-2015), le montant des contributions annuelles a été à peu près identique (fig. 6.4.1). Les dépenses pour les programmes « Forêts protectrices » et « Ouvrages de protection et données de base sur les dangers » ont représenté environ deux tiers des subventions forestières, 10 % étant affectés respectivement aux programmes « Diversité en forêt » et « Gestion des forêts ».

Adaptation de la forêt aux changements climatiques et biodiversité en forêt depuis 2016

En janvier 2017 est entrée en vigueur la loi révisée sur les forêts, qui a permis d'augmenter le financement de certains programmes pour des mesures d'adaptation aux changements climatiques au début de la période RPT 2016-2019. Depuis 2017, les contributions pour la forêt protectrice (« entretien des forêts protectrices ») et la gestion des forêts (« régénération des forêts et soins aux jeunes peuplements ») ont été majorées de 10 millions de francs par an (FF 2014 4775, p. 4811). En outre, la promotion jugée urgente de mesures de protection et de la desserte a été élargie au-delà des forêts protectrices (FF 2014 4775, p. 4777).

Le domaine de la biodiversité forestière a pris plus d'importance, donnant lieu à la publication d'une aide à l'exécution sur la promotion de la biodiversité en forêt et à une hausse de 10 millions de francs des contributions fédérales (fig. 6.4.1), adoptée pour la période 2017-2023 dans le cadre du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse (OFEV 2013).

Augmentation extraordinaire des contributions fédérales depuis 2021

Au début des conventions-programmes RPT pour la période 2020-2024 est paru le rapport « Politique forestière : objectifs et mesures 2021-2024 » entérinant la poursuite de la politique forestière 2020 (OFEV 2021c). Le plan de mesures confirmait les objectifs et visait une meilleure coordination des tâches entre la Confédération, les cantons et d'autres acteurs. Il devait aussi soutenir une mise en œuvre plus participative et améliorer l'échange entre l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et les cantons, et mettait de nouveaux accents sur la promotion du matériau bois et l'adaptation de la forêt aux

changements climatiques. Depuis 2020, la Confédération a regroupé les programmes RPT sur les forêts protectrices, la biodiversité en forêt et la gestion des forêts en une seule convention-programme « Forêts » (avec les anciennes catégories comme programmes partiels). Elle offre ainsi la souplesse nécessaire pour répondre aux besoins très variables d'un canton à l'autre.

Les dégâts causés par la combinaison d'événements extrêmes comme la sécheresse et les chablis s'aggravent depuis 2018, et touchent aussi des peuplements qui n'étaient auparavant pas jugés particulièrement menacés (point 2.5). Ils ont donné lieu à plusieurs interventions parlementaires demandant une augmentation à court terme des fonds pour gérer les dégâts (motion Fässler 20.3745) et une réorientation stratégique à long terme pour adapter la gestion forestière aux changements climatiques (motion Hêche/Engler 19.4177 et postulat Vara 20.3750). En conséquence, la contribution fédérale à la convention-programme RPT « Forêts » et aux mesures complémentaires (interventions stabilisatrices, coupes de bois de sécurité et régénération adaptée au climat) a été augmentée de 25 millions de francs par an pour quatre ans (2021-2024). Les mesures à moyen terme pour gérer les défis liés aux changements climatiques sont présentées dans le rapport « Adaptation de la forêt aux changements climatiques » (Conseil fédéral 2022).

La hausse des contributions fédérales depuis 2008 témoigne de la volonté de la politique et de la société de soutenir l'économie forestière dans ses efforts de conservation de la forêt et de ses nombreuses prestations face aux difficultés posées par les changements climatiques. La « Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 » permet d'améliorer la coordination de la politique forestière et de la politique de la ressource bois, créant une nouvelle base pour les contributions fédérales en faveur de la forêt.

6.5 L'emploi dans l'économie forestière et l'industrie du bois

Gerda Jimmy, Achim Schafer

- Les emplois dans l'économie forestière et l'industrie du bois sont restés stables entre 2011 et 2020. Dans le secteur sylvicole, ils ont diminué de 17 % jusqu'en 2018, puis sont remontés de 7 %.
- En 2020, 96 000 personnes travaillaient dans l'économie forestière et l'industrie du bois, dont 2900 dans le secteur sylvicole et 3300 dans des entreprises de services sylvicoles.
- Les acteurs de l'économie forestière et de l'industrie du bois devront probablement prendre des mesures contre la pénurie de personnel spécialisé.

L'emploi dans l'économie forestière et l'industrie du bois

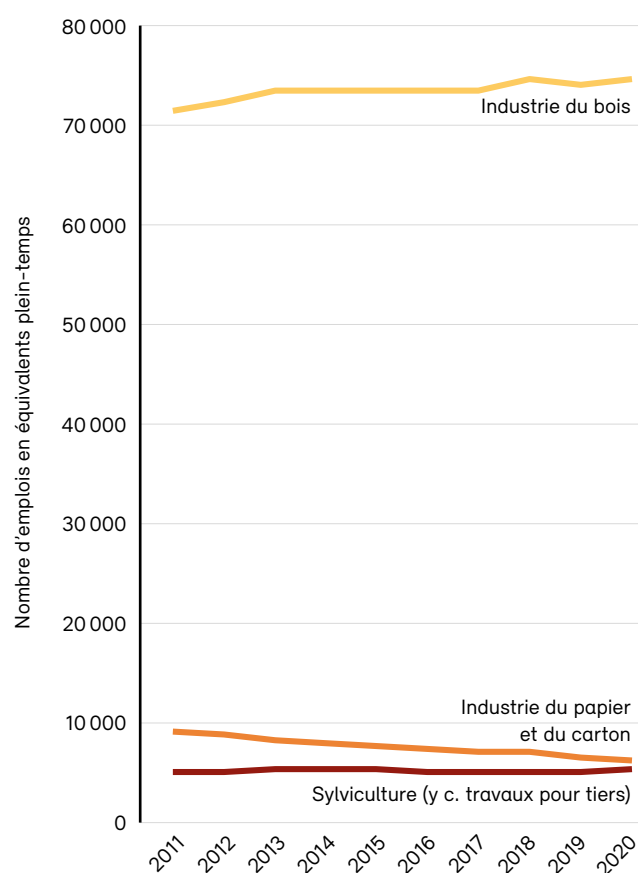
L'économie forestière et l'industrie du bois recouvrent la sylviculture et l'industrie du bois (y c. traitement et transformation du bois) ainsi que l'industrie du papier et du carton (y c. cellulose). Parmi les métiers de la formation initiale avec certificat fédéral de capacité (CFC) figurent ceux de forestier-bûcheron, spécialiste en industrie du bois, charpentier, ébéniste et papetier. En outre, différentes formations continues diplômantes sont proposées dans tous les secteurs en tant que spécialisations (conducteur d'engins forestiers, contremaître charpentier) ou pour assumer des fonctions dirigeantes (garde-forestier, chef de production dans l'industrie du bois).

Nombre d'emplois dans l'économie forestière et l'industrie du bois

De 2011 à 2020, le nombre total d'emplois dans l'économie forestière et l'industrie du bois a fluctué entre 96 300 et 97 600 personnes pour environ 86 000 à 87 000 équivalents plein temps (EPT) (OFS 2022e). Dans l'industrie du bois (surtout entreprises artisanales comme menuiseries, charpenteries et scieries), l'emploi a enregistré une hausse continue de 4 % au total jusqu'en 2020 (fig. 6.5.1). Dans l'industrie du papier et du carton à l'inverse, il a reculé d'un tiers à 6700 EPT en 2020 (OFS 2022e). Dans la sylviculture, les emplois ont diminué de près de 10 % entre 2011 et 2020, surtout sur la période de 2011 à 2018 (– 17 %). Depuis lors, une reprise se dessine. Du côté des entrepreneurs qui

Figure 6.5.1

Évolution de l'emploi dans l'économie forestière et l'industrie du bois de 2011 à 2020 dans trois secteurs.



Source : OFS 2022e

fournissent des services sylvicoles, le nombre d'emplois a augmenté de 25 % entre 2011 et 2020 (OFS 2022e).

Nombre d'emplois dans la sylviculture

En 2020, 2900 personnes travaillaient dans la sylviculture, représentant 2500 EPT ou près de 2 EPT par 1000 ha de forêt. Leurs tâches comprennent l'entretien des forêts, la récolte du bois et les pépinières forestières. Elles ont été soutenues par environ 3300 prestataires de services pour la sylviculture et l'exploitation du bois, représentant environ 2800 EPT ou 2,2 EPT par 1000 ha de forêt (OFS 2022e).

Le nombre d'emplois par unité de surface varie fortement selon les zones forestières et reflète les différentes intensités d'exploitation du bois dans les régions (fig. 6.5.2). Il est particulièrement élevé sur le Plateau (point 6.3) : en 2020, 8,75 mètres cubes pleins de bois par hectare ($\text{m}^3\text{p/ha}$) ont été récoltés dans cette zone forestière, soit plus du double de la moyenne nationale ($3,77 \text{ m}^3\text{p/ha}$) (OFEV 2021d).

Perspectives d'avenir dans les professions forestières

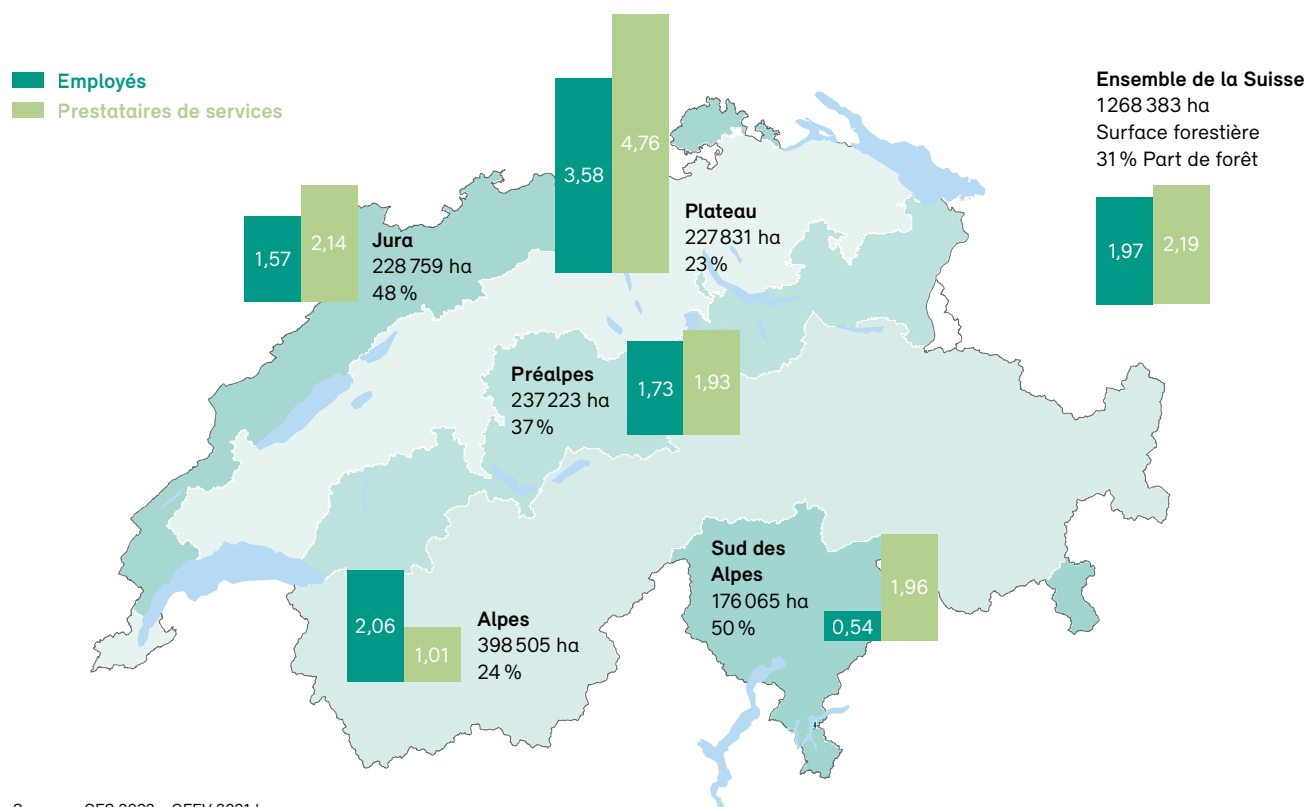
Malgré un vif intérêt pour les filières de formation forestières et un nombre suffisant de diplômés, la pénurie de personnel qualifié préoccupe aussi l'économie forestière. Les professionnels bien formés sont devenus de plus en plus rares durant la dernière décennie, et la situation

semble empirer. En 2022, l'association Organisation nationale du monde du travail en forêt (Ortra Forêt Suisse) a commandé une analyse pour lutter contre la pénurie de spécialistes qualifiés. L'étude a montré que la fidélisation à long terme du personnel représentait un défi majeur et pourquoi des améliorations ont été proposées, notamment pour les conditions de travail et d'engagement (p. ex. modèles d'horaires flexibles, planification de travaux variés) (Landolt et al. 2023).

Les acteurs de l'industrie du bois font aussi état de problèmes à recruter suffisamment de spécialistes. C'est pourquoi ce secteur, entre autres, a lancé une campagne de promotion de ces professions dans les écoles.

Figure 6.5.2

Nombre d'emplois par 1000 hectares de surface forestière en sylviculture dans les cinq régions de production et pour l'ensemble de la Suisse (avec surface totale de forêt en hectare et part de forêt par zone), 2020.



6.6 Sécurité et santé au travail

Gerda Jimmy, Janine Schweier

- Les accidents de travail en forêt ont légèrement diminué entre 2012 et 2021.
- Diverses mesures soutiennent la sécurité et la santé des ouvriers forestiers, car les travaux en forêt présentent un risque élevé d'accident.
- Les mesures de prévention en matière de sécurité et de santé au travail doivent être maintenues à un niveau élevé, en tenant compte des conséquences des changements climatiques. Les nouvelles technologies peuvent soutenir ces efforts.

Mesures de prévention dans le domaine forestier

Le travail en forêt est très physique et expose régulièrement à des situations potentiellement dangereuses. Pour préparer le personnel à ces travaux et éviter les accidents, des mesures de prévention des accidents et de promotion de la santé sont prises en Suisse.

S'agissant de la prévention des accidents, la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva) analyse le déroulement des accidents, sensibilise les entreprises et le personnel et met à disposition des notices sur la sécurité au travail. Les « Dix règles vitales pour le travail en forêt », enseignées depuis 2012 à tous les apprentis dans les cours interentreprises, sont un élément clé du travail de prévention. Elles prévoient des mesures comme le port d'un équipement de protection, la recherche d'un lieu de retraite ou encore la garantie des premiers secours en cas d'accident. Depuis 2016, les apprentis ayant accompli leur apprentissage sans accident reçoivent une distinction de la Suva.

Le programme de promotion de la santé de Codoc, l'agence spécialisée de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) pour la formation forestière, cible aussi les personnes en formation. Depuis 2018, il propose de la documentation pouvant compléter les contenus enseignés dans les écoles professionnelles, les cours interentreprises et les entreprises formatrices. Développée sur la base d'expériences et d'éléments existants, la documentation comprend p. ex. de nombreux exercices pouvant servir aux échauffements sur le terrain (fig. 6.6.1) ou à l'élaboration de programmes d'entraînement, un test de condition physique pour

l'enseignement du sport, ou encore un manuel avec des propositions de leçons pour les écoles professionnelles. En outre, une plate-forme sur les quasi-accidents a été créée pour permettre aux enseignants en école professionnelle de discuter en classe de situations critiques et de tirer ensemble des conclusions. En 2022, les écoles forestières de Maienfeld (GR) et de Lyss (BE) ont introduit des séances d'une demi-journée sur la protection de la santé pour sensibiliser les futurs cadres à cette thématique.

Accidents et maladies professionnels

En 2021, 277 accidents professionnels pour 1000 employés à plein temps (EPT) ont été répertoriés dans des entreprises et chez des entrepreneurs forestiers (Suva 2022 ; fig. 6.6.2). Il s'agissait de la valeur la plus basse depuis 2012. Sur ces cas, 119 (43 %) ont entraîné un arrêt de travail de plus de trois jours. C'est trois fois plus que la moyenne de toutes les branches assurées à la Suva (40 cas par 1000 EPT). Si les accidents suivis d'une absence prolongée ont baissé

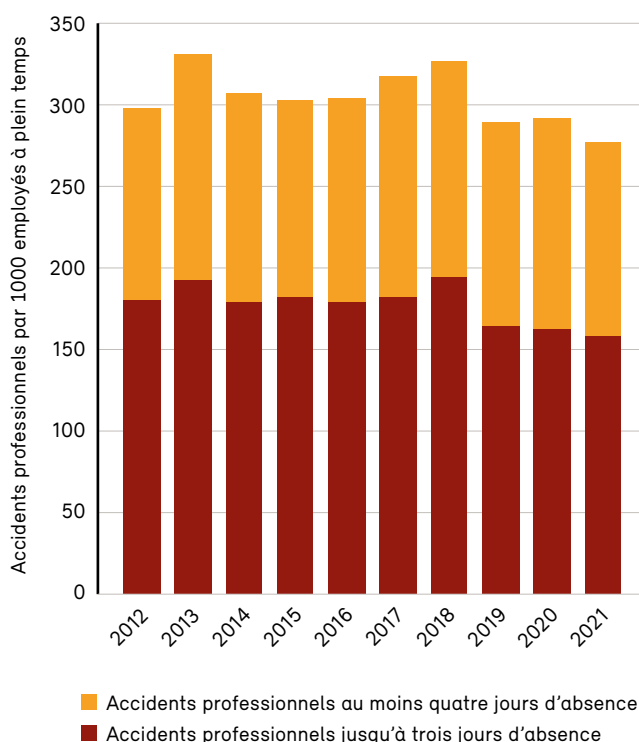
Figure 6.6.1

Cours interentreprises au Mont-sur-Lausanne (VD). Les exercices d'équilibre et d'échauffement aident à éviter les accidents comme les chutes. Photo : Gerda Jimmy



Figure 6.6.2

Accidents professionnels dans les entreprises et chez les entrepreneurs forestiers pour 1000 employés à plein temps de 2012 à 2021.



Source : Suva 2022

depuis 2019, ceux n'ayant entraîné qu'une courte absence ont peu évolué. Le travail en forêt reste très risqué. Ainsi, 32 décès ont été déplorés entre 2012 et 2021, dont 6 pour la seule année 2012. Les années suivantes, leur nombre a varié entre 1 et 4 décès par an (Suva 2022).

L'évolution des maladies professionnelles paraît à première vue préoccupante : la statistique indique une hausse continue des nouveaux cas reconnus entre 2012 et 2021, qui sont passés de 16 à 28, resp. de 3,0 à 4,7 cas par 1000 EPT (Suva 2022). Une analyse approfondie montre toutefois que les maladies de l'appareil locomoteur étaient en fort recul (Wettmann 2022). La hausse concerne surtout les troubles auditifs, qui ne se manifestent souvent que des décennies après l'exposition. Aujourd'hui, toute une génération d'employés en forêt porte systématiquement une protection auditive, de sorte que les atteintes à l'ouïe devraient baisser (U. Limacher, Suva, communication personnelle, 28.2.2023).

Travaux forestiers dans le secteur agricole

Les mesures décrites ci-dessus concernent le travail dans des entreprises et chez des entrepreneurs forestiers. Cependant, beaucoup de travaux en forêt sont exécutés dans un cadre privé, surtout dans l'agriculture. Ces ouvriers forestiers reçoivent aussi un soutien pour la sécurité au travail. Après la tempête Lothar de fin 1999, plusieurs personnes avaient trouvé la mort lors des travaux de déblayage, ce qui avait conduit la Confédération à lancer une campagne de promotion de la sécurité au travail pour les travailleurs sans formation forestière. Parmi les nombreuses mesures figuraient la promotion et le soutien financier de cours de sécurité au travail pour personnes sans formation forestière, le renforcement de l'information sur les dangers possibles des travaux forestiers dans le secteur agricole, ainsi que l'obligation légale de suivre des cours pour l'exécution de travaux forestiers sous contrat. La statistique des décès lors de travaux forestiers exécutés par des personnes travaillant dans l'agriculture montre que ces efforts doivent être poursuivis : entre 2013 et 2022, 51 décès ont été enregistrés, soit 17 % de tous les accidents mortels répertoriés dans l'agriculture (SPAA 2023).

Les transformations des forêts causées par les changements climatiques doivent aussi être prises en compte dans la sécurité au travail. Par exemple, la formation continue sur l'abattage en toute sécurité d'arbres complètement ou partiellement morts proposée par l'Association des propriétaires forestiers ForêtSuisse est très demandée. En outre, de nouvelles technologies permettent de simuler numériquement des situations d'accidents dans un environnement virtuel.

6.7 Utilisation matérielle et énergétique du bois

Achim Schafer, Claire-Lise Suter Thalmann, Janine Schweier, Oliver Thees

- La consommation finale de bois, importations comprises, a augmenté durant la dernière décennie, s'établissant à environ 11 millions de mètres cubes (m^3) par an.
- L'utilisation du bois comme matériau tend à diminuer par rapport à l'utilisation énergétique, elle représentait une part d'environ 41 % en 2021.
- Une grande partie du bois-énergie provient directement de la forêt. Ce volume s'est accru de 20 % sur la dernière décennie. Le potentiel supplémentaire exploitable est d'environ 0,8 million de m^3 ou 2,3 térawattheures d'énergie finale par an.

De la production et la récolte en forêt jusqu'au produit fini, la matière première bois passe par une série d'étapes de traitement, de transformation et de commercialisation. La durée des processus et les transports varient selon l'utilisation. Les produits finis et semi-finis sont importés et exportés à toutes les étapes. En outre, des processus de recyclage interviennent en vue d'une utilisation matérielle ultérieure du bois. La répartition entre utilisation matérielle et valorisation énergétique se décide déjà en grande partie lors de la vente du bois en forêt. Un modèle de flux de matériaux fondé sur le calcul des ressources en bois et de leur utilisation reproduit les flux de substances (fig. 6.7.1).

Utilisation comme matériau

En 2021, la consommation finale de bois était de 11,2 millions de m^3 , en hausse de 5,1 % par rapport à l'année précédente. Elle est relevée selon trois principales utilisations : matérielle, énergétique et autres. Ces dernières recouvrent l'emploi dans l'agriculture et l'horticulture et les pertes. La part de l'utilisation matérielle dans la consommation finale a diminué par rapport à l'utilisation énergétique. En 2021, elle était d'environ 41 %, avec près de deux tiers de produits en bois (p. ex. sciages) et un bon tiers de produits en papier et en carton. La part de l'utilisation énergétique a légèrement augmenté, atteignant environ 56 % en 2021. Les autres utilisations sont restées au niveau de l'année précédente, soit à un peu moins de 3 % (OFEV 2022c).

Bois usagé et papier recyclé

Outre le bois de forêt et les importations, le bois usagé et le papier recyclé sont d'importantes sources de matière première ligneuse. Environ 840 000 t de bois usagé sont collectées annuellement en Suisse, dont 250 000 t pour l'exportation. Quelque 36 % sont réutilisées en tant que matériau, surtout pour la fabrication de panneaux de particules à l'étranger. Près de 50 000 t sont considérées comme bois à problèmes, car imprégné de produits de conservation : une grande partie est valorisée énergétiquement, une très petite partie mise en décharge. En Suisse, 1,2 million de t de papier recyclé sont collectées chaque année, dont environ deux tiers sont retransformés en papier et en carton, le reste étant exporté ou valorisé thermiquement (OFEV 2022c).

Produits semi-finis en bois

Les scieries suisses ont produit environ 1,3 million de m^3 de sciages à partir de quelque 2 millions de m^3 de bois rond en 2021. Le débitage, en recul les années précédentes, a retrouvé en 2021 le niveau de 2016 grâce à une utilisation accrue de produits en bois dans la construction. Les résineux constituaient 96 % de la production de sciages, les feuillus seulement 4 %. Ces valeurs sont dans la moyenne des cinq années précédentes. La production de matériaux en bois est dominée par les panneaux de particules (450 000 m^3 , 70 %), suivis des panneaux de fibres (190 000 m^3 , 29 %) et des contreplaqués (7000 m^3 , 1 %). À cela s'ajoutent 94 000 t de pâte de bois (OFEV 2022c).

Bois d'industrie

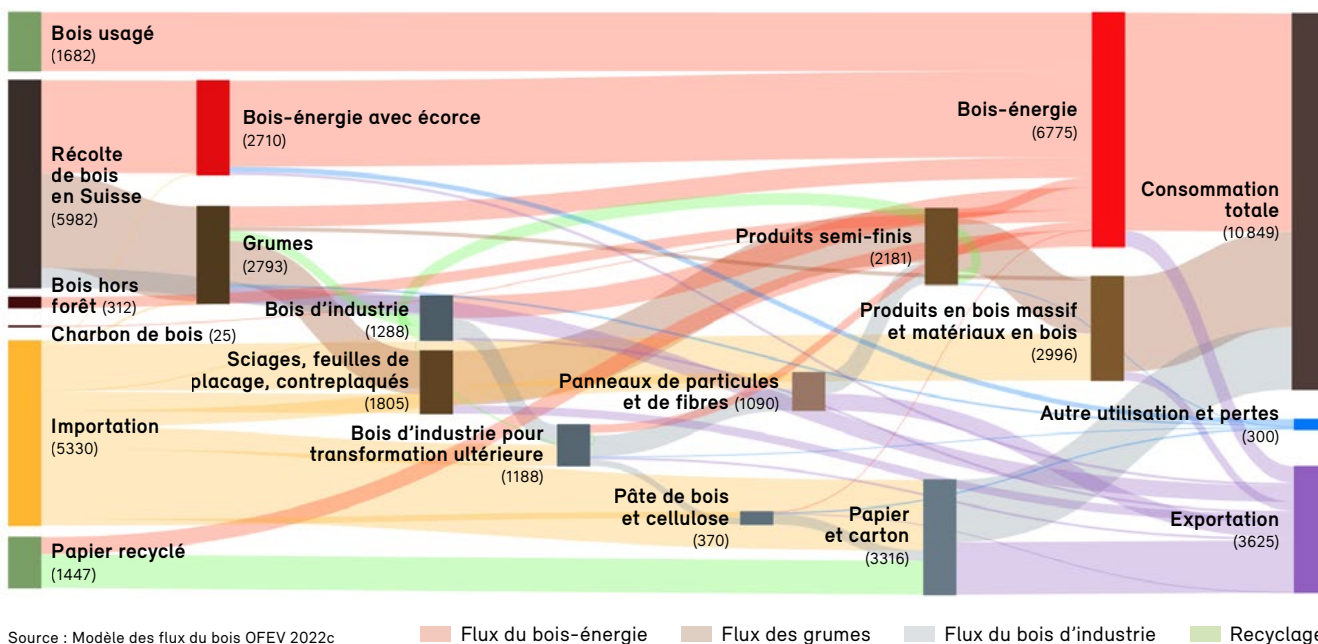
Près de 1,1 million de m^3 de bois d'industrie ont été produits en 2021, dont 544 000 m^3 de bois de forêt et 538 000 m^3 de sous-produits. En outre, près de 110 000 m^3 de sous-produits ont été importés. Ces volumes ont servi de matière première dans l'industrie des dérivés du bois, du papier et de la cellulose (OFEV 2022c).

Principe de la cascade

Le principe de la cascade, dans le contexte du bois, signifie que celui-ci peut être réutilisé en plusieurs étapes successives comme matériau, contribuant ainsi à un bilan de

Figure 6.7.1

Le modèle montre les divers flux de bois (en 1000 m³) en Suisse en 2021.



CO₂ favorable. Le bois de forêt employé comme matériau (grumes et bois d'industrie) ne devrait servir qu'à la dernière étape de source de sous-produits et de bois usagé utilisés énergétiquement. Ce principe est nettement plus efficace en termes de consommation d'énergie et de ressources et s'intègre dans la stratégie de l'économie circulaire.

Utilisation énergétique

Le bois est une source d'énergie renouvelable jugée neutre en CO₂ à long terme, produite de façon décentralisée, stockable et disponible toute l'année. Il permet de produire de la chaleur, de l'électricité et du carburant, avec des pertes de transformation variables. La consommation de bois-énergie ne cesse d'augmenter depuis plus de vingt ans et atteignait environ 6 millions de m³ en 2022 (OFEN 2023). Selon la statistique forestière, 2,1 millions de m³ de bois-énergie ont été récoltés cette année-là. Le volume a augmenté d'environ 20 % en dix ans et ainsi presque doublé en vingt ans (OFEV 2022c). Une part importante du bois-énergie provient de la forêt. Le reste comprend le bois hors forêt et d'entretien du paysage, les sous-produits du traitement et de la transformation du bois (dosses, délignures, copeaux, sciure) ainsi que le bois usagé utilisé auparavant p. ex. dans des bâtiments ou des meubles. Entre 50 et 70 % du bois de

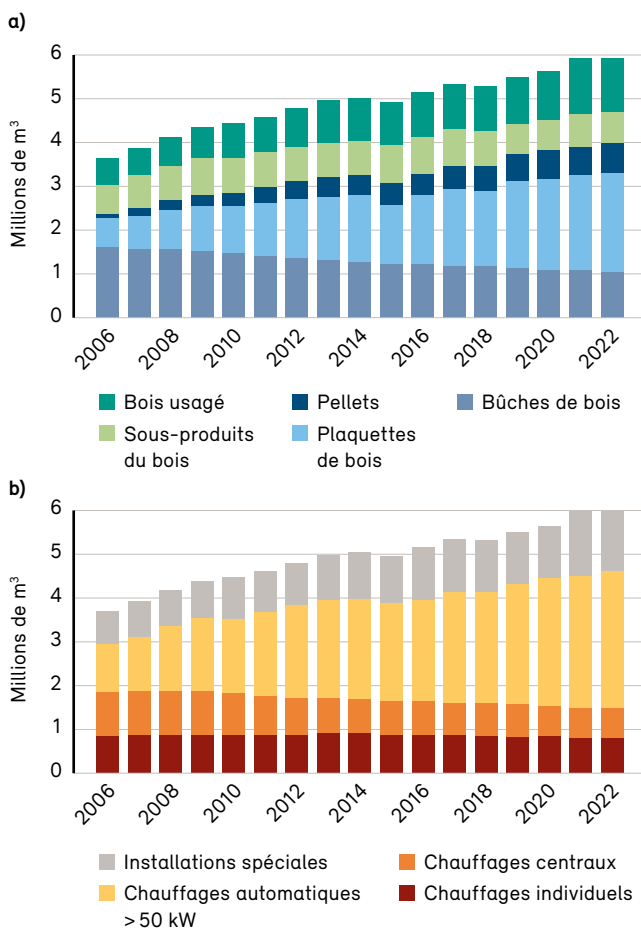
feuillus récolté en Suisse est utilisé comme bois-énergie, pour seulement 15 à 20 % de résineux. Le bois-énergie de forêt est préparé sous forme de bûches (40 %) et de plaquettes (60 %). La part de ces dernières est en hausse depuis plusieurs années. Le choix entre utilisation matérielle ou énergétique du bois de forêt dépend de l'évolution des prix sur les marchés du bois et de l'énergie et des structures régionales de production et de commercialisation.

Contexte politique, climatique et économique

L'utilisation énergétique du bois a été favorisée par le contexte politique, l'impact du réchauffement climatique sur la forêt et les transformations économiques. Sur le plan politique, la transition énergétique décidée par le Conseil fédéral et le Parlement en 2011 a été déterminante. En 2017, le peuple suisse a approuvé une nouvelle loi sur l'énergie prévoyant le développement des énergies renouvelables. En 2019 a été décidée la mise en œuvre nationale de l'Accord de Paris. Ces évolutions ont permis de développer la promotion de l'utilisation du bois à des fins énergétiques, p. ex. avec la prime climat pour le remplacement des chauffages au gaz et au mazout par des chauffages au bois.

Figure 6.7.2

Consommation de bois-énergie a) par assortiment de combustible et b) par type d'installation, de 2006 à 2022.



Source : OFEN 2023

Le réchauffement climatique favorise les essences feuillues, qui représentent aujourd'hui près des deux tiers de l'utilisation énergétique du bois (OFEV 2022c). D'autre part, les épicéas, surtout dans les peuplements non adaptés à la station, souffrent de la sécheresse et des infestations de scolytes et dépérissent (points 2.3 et 3.1). Les exploitations forcées sont ainsi plus fréquentes et produisent d'importants volumes de bois endommagé dont une partie est utilisée à des fins énergétiques.

Enfin, des évolutions économiques comme le départ d'entreprises de transformation du bois d'industrie ou le recul de la production indigène de meubles favorisent l'utilisation énergétique d'assortiments de bois de forêt qui auraient pu servir de matériau à plus haute valeur ajoutée. De plus, la

hausse de la demande a fait augmenter les prix du bois-énergie. Ces deux tendances entraînent une exploitation accrue de bois-énergie et un transfert d'assortiments de bois d'industrie et de grumes vers le bois-énergie.

Le bois dans la production suisse d'énergie

Durant la dernière décennie, le bois a pris nettement plus d'importance dans la production indigène d'énergie. En 2022, env. 11,2 térawattheures (TWh) d'énergie utile ont été produits avec du bois (corrigés des variations météorologiques). Avec une part d'environ 5,5 % dans la consommation finale d'énergie, le bois est aujourd'hui la deuxième source d'énergie renouvelable après la force hydraulique en Suisse. En 2022, il couvrait près de 14 % de la consommation finale de chaleur, et près de 1 % de la consommation brute d'électricité. Il n'a joué aucun rôle dans la fabrication de carburant (OFEV 2022c, OFEN 2023).

La majeure partie du bois-énergie (environ 75 %) est brûlée dans des chauffages automatiques ou des installations spéciales pour produire de la chaleur (fig. 6.7.2). Le nombre d'installations diminue, il était de 510 000 unités en 2022. Les chauffages centraux manuels cèdent la place à de grandes installations automatiques, qui réduisent les pertes de transformation. Le rendement de la production de chaleur à partir de bois (sans usines d'incinération des ordures ménagères) a atteint 76 % en 2022. Le gain d'efficacité a permis de réduire les émissions de poussières fines, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils (COV) et de monoxyde de carbone. Comme jusqu'ici, 451 500 installations (90 %) sont des chauffages individuels.

Pendant longtemps, jusqu'à 97 % du bois-énergie provenait de Suisse (Lehner et al. 2013). Ce n'est plus le cas (point 6.8). Les importations de pellets ont doublé sur la dernière décennie à 70 000 t par année. Elles proviennent presque exclusivement d'Allemagne (48 %), d'Autriche (30 %) et de France (19 %) (OFEN 2023). La demande accrue d'importation a aussi été favorisée par la multiplication de centrales à bois le long de la frontière nationale.

Monitoring du bois-énergie

En raison de la forte demande en bois-énergie, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a lancé en 2022 un monitoring en ce sens. Celui-ci vise à relever la consommation effective, les projets prévus et le potentiel du

Tableau 6.7.1

Consommation de bois-énergie, potentiel total et potentiel supplémentaire utilisable pour 2022 (les différences résultent d'arrondissements).

Assortiments de combustibles	Consommation totale par année		Potentiel total par année		Potentiel supplémentaire utilisable par année	
	mio m ³	TWh	mio m ³	TWh	mio m ³	TWh
Bois de forêt (avec importations)	3,0	8,2	3,5	9,5	0,5	1,3
Bois hors forêt	0,3	0,8	0,5	1,2	0,2	0,4
Résidus de bois	0,7	2,2	0,8	2,4	0,1	0,2
Bois usagé	1,2	3,2	1,4	3,6	0,1	0,4
Total	5,3	14,4	6,1	16,7	0,8	2,3

Source : Keel und Chrenko 2023

bois-énergie pour qu'à l'avenir l'utilisation ne dépasse pas la quantité durablement exploitable. En outre, les sources de données et les statistiques seront harmonisées et adaptées.

Potentiel du bois-énergie

Depuis quelques années, les potentiels énergétiques de la biomasse suisse sont calculés (Thees et al. 2017). Celui du bois-énergie indigène n'est pas encore épuisé. Entre 2015 et 2022, environ 5,5 millions de m³ de bois par an ont été utilisés à des fins énergétiques sur un potentiel de quelque 6,8 millions de m³ tous assortiments combustibles confondus, ce qui représente 18,6 TWh d'énergie finale (OFEN 2023). Le potentiel restant était donc de près de 1,3 million de m³ de bois-énergie ou 3,6 TWh d'énergie finale par an (Keel et Chrenko 2023). En 2022, le potentiel n'était plus que de 0,8 million de m³ (tab. 6.7.1), et il pourrait être rapidement épuisé. Selon une analyse de la consommation attendue, il sera déjà utilisé et même dépassé par les projets planifiés (Keel et Chrenko 2023). Lors de la planification de nouvelles centrales à bois, il est donc important de clarifier la disponibilité à long terme de bois-énergie.

Des simulations basées sur les données de l'Inventaire forestier national (IFN) permettent de faire des projections à long terme des ressources en bois-énergie. Elles montrent que le potentiel dépend du type de gestion

forestière et de la situation sur les marchés du bois et de l'énergie. Les potentiels évoluent de manière dynamique. Selon le scénario d'une diminution modérée des importants volumes dans la forêt suisse et d'une utilisation prioritairement matérielle du bois, le potentiel supplémentaire de bois-énergie utilisable serait de 0,7 million de m³ par an jusqu'en 2056 (Thees et al. 2017). Ces résultats confirment les constats du monitoring du bois-énergie quant à la faible disponibilité de cette ressource.

Avantages en cas de disponibilité, efficacité énergétique et bilan de CO₂

Le potentiel limité du bois-énergie impose une utilisation efficace, tenant compte des avantages du bois pour le système énergétique global en termes de disponibilité, d'efficacité énergétique et de bilan de CO₂ par rapport à d'autres énergies renouvelables. S'agissant de l'impact climatique, le bois-énergie devrait être utilisé idéalement pour la production de chaleur industrielle élevée et pour la production d'électricité dans des centrales de couplage chaleur-force afin de combler la baisse hivernale de production d'électricité (Nussbaumer 2023, Thees et al. 2023). Les technologies de fabrication d'agents énergétiques et de carburants chimiques à partir du bois ne sont pas encore au point. Dans le domaine de la chaleur, le bois-énergie devrait être utilisé en priorité dans de grandes installations de combustion automatiques, plus efficaces et plus propres que les petites. En tant que réservoir d'énergie, le bois peut contribuer à niveler les fluctuations de production d'énergies renouvelables, éolienne et solaire p. ex., et soutenir ainsi la transition énergétique (Thees et al. 2023).

Selon le principe de la cascade, la ressource bois devrait d'abord être utilisée comme matériau avant de faire l'objet d'une valorisation énergétique. Cela contribue à protéger le climat, améliore l'efficacité des ressources et augmente la valeur ajoutée (Bernath et al. 2013). Pour atteindre cette utilisation en cascade, de nouvelles incitations en faveur de l'utilisation matérielle sont nécessaires, car celle-ci est moins soutenue actuellement que la valorisation énergétique du bois (Odermatt et al. 2023).

6.8 Commerce extérieur du bois et des produits en bois

Achim Schafer

- Le commerce extérieur du bois et des produits en bois est marqué par un excédent d'importation. Celui-ci a fortement progressé en 2021 par rapport à 2020 (+ 13,4 %), atteignant une valeur de 4,5 milliards de francs.
- Malgré une hausse des exportations de bois brut, la quantité disponible en Suisse a augmenté de 2,9 % et atteint 4,6 millions de m³ en 2021 grâce à une récolte plus élevée.
- L'excédent d'importation de bois-énergie n'a cessé d'augmenter : en 2022, les importations totales de bois de feu ont dépassé d'environ 346 000 t les exportations.

Tableau 6.8.1

Commerce extérieur total du bois et des produits en bois en volume et en valeur de 2017 à 2021.

	Importations		Exportations	
	en 1000 m ³ de bois plein	en mio CHF	en 1000 m ³ de bois plein	en mio CHF
2017	6182	7343	4826	2390
2018	5825	7578	4992	2339
2019	5575	7463	4746	2455
2020	5380	6814	4324	1867
2021	5720	7576	4490	2160

Source : BAFU 2022c

Commerce extérieur du bois : tour d'horizon

Les principaux partenaires de la Suisse dans le commerce extérieur du bois et des produits en bois sont les pays voisins (Allemagne, Autriche, Italie et France). L'évolution de leurs marchés, les fortes fluctuations monétaires et les coûts du transport et de la logistique influencent beaucoup la balance commerciale. Ils peuvent entraîner des variations notables à court terme en cas d'événements extraordinaires (disponibilité de chablis et de bois bostryché).

En 2021, les importations de bois et produits en bois ont représenté 6,37 milliards de francs et les exportations 1,83 milliard, soit 3,2 % des importations totales de marchandises et 0,7 % des exportations. L'excédent d'importation a fortement progressé par rapport à l'année précédente (+ 13,4 %), entraînant un solde commercial négatif de – 4,54 milliards de francs.

Entre 2017 et 2021, le volume des importations de tous les produits à base de bois a dépassé chaque année celui des exportations (tab. 6.8.1). En valeur, la différence est encore plus marquée, les importations d'assortiments de grande valeur dépassant nettement les exportations.

En fort recul l'année précédente, le volume des exportations de bois brut (grumes, bois d'industrie et bois-énergie) a progressé de près de 15 % en 2021, atteignant

0,55 million de m³. Comme la récolte indigène a augmenté parallèlement de 4 % pour s'établir à 5 millions de m³ et que les importations sont restées stables à 0,1 million de m³, le bois brut disponible en Suisse s'est accru de 2,9 % à 4,55 millions de m³.

Catégories de bois bruts en 2021

Grumes de résineux

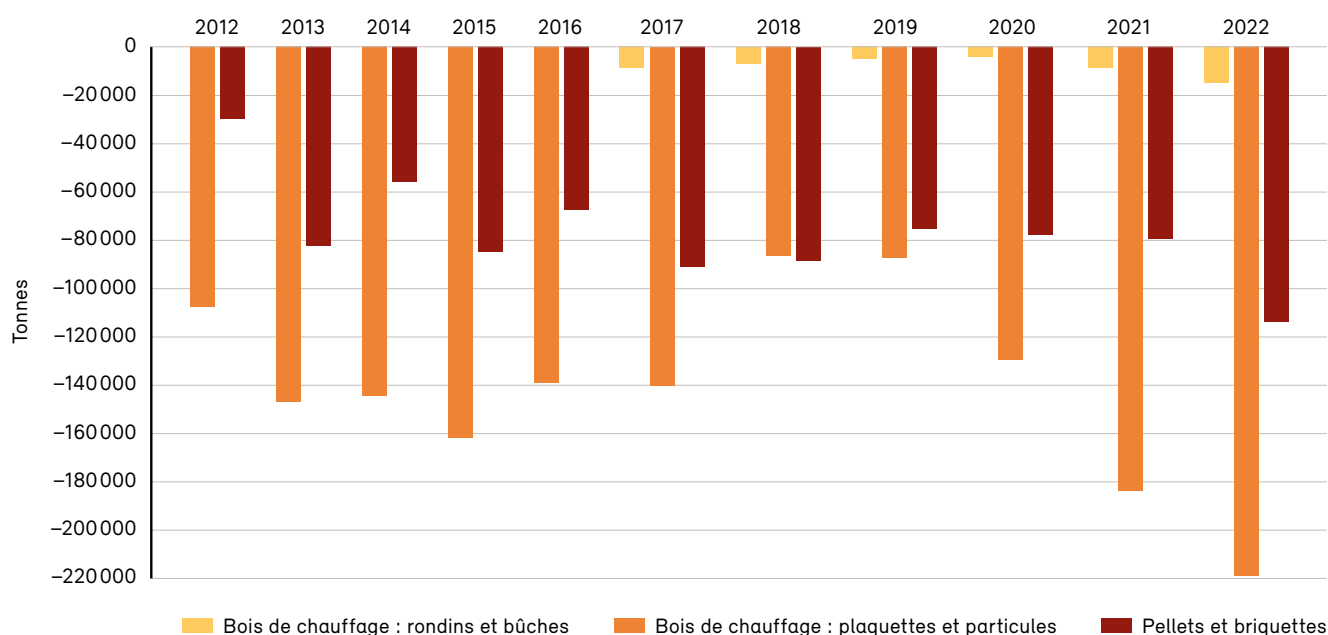
En 2021, les importations ont diminué de 3,6 % par rapport à 2020 et se montaient à 38 300 m³ de bois plein (m³p) ou 34 500 t. Elles provenaient surtout d'Allemagne (91,7 %). Les exportations étaient environ dix fois supérieures aux importations. En recul les deux années précédentes, elles ont affiché une forte hausse de 25,3 %, atteignant 324 600 m³ ou près de 292 400 t. Le principal destinataire était l'Italie (51,5 %).

Sciages de résineux

Les importations ont progressé de 2,3 %, s'établissant à 299 900 m³. Les principaux fournisseurs en 2021 étaient l'Allemagne (33,7 %) et l'Autriche (30,9 %). Les exportations ont augmenté de 8,8 % pour atteindre 214 600 m³, plus haut niveau depuis 2010. Comme pour les grumes de résineux, le principal acheteur était l'Italie (40,9 %), suivie de la France (39,4 %). Les exportations vers l'Asie ont aussi été en forte hausse.

Figure 6.8.1

Solde du commerce extérieur des différentes catégories de bois de chauffage en tonnes de 2012 à 2022. La catégorie rondins et bûches n'est relevée que depuis 2017.



Source : Statistique du commerce extérieur OFDF

Grumes de feuillus

Les importations ont chuté de 15 % par rapport à 2020, s'établissant à 27 400 m³p. En revanche, les exportations, en recul en 2020, sont remontées de 12,2 % à 149 400 m³ en 2021. L'Asie est restée un débouché important avec une part de 20,4 %, dont 13,8 % rien que pour la Chine, et occupait la troisième place après l'Italie (41,7 %) et l'Allemagne (21,2 %).

Sciage de feuillus

S'élevant à 45 400 m³, les importations ont progressé de 2,9 % par rapport à l'année précédente. Elles provenaient à 24,8 % d'Allemagne, suivie de l'Autriche (23,1 %) et de la France (20,5 %). Les exportations, à peu près deux fois moins élevées, ont augmenté de 11,3 %, à 22 800 m³. Le principal acheteur était l'Italie (45,1 %). Les livraisons vers l'Asie ont chuté, passant de 16,0 % l'année précédente, à seulement 5,0 %.

Bois d'industrie et sous-produits du bois

Après trois années de baisse, les importations de bois d'industrie de résineux se sont redressées de 32,0 % en

2021 pour atteindre 19 800 m³, une valeur toutefois bien inférieure à la moyenne de la dernière décennie. Après un fort recul l'année précédente, les exportations se sont stabilisées à 53 900 m³, retrouvant leur niveau de 2016. Le bois d'industrie de feuillus a enregistré une forte baisse tant des importations (- 25,4 %) que des exportations (- 38,0 %).

Bois usagé

En recul les années précédentes, les importations de bois usagé ont augmenté en 2021 pour atteindre 1900 m³. Les exportations ont encore fortement baissé (- 14,8 %), s'établissant à 466 000 m³, mais restaient un poste important dans les exportations totales de bois et de produits à base de bois en Suisse (10,4 %).

Bois-énergie

Les importations de bois-énergie ont sans cesse augmenté durant la dernière décennie, entraînant un solde commercial négatif pour de nombreux produits (fig. 6.8.1). En 2022, elles ont dépassé de 346 467 t les exportations, ce qui correspond à environ 610 000 m³p de bois. Le solde était particulièrement négatif pour les plaquettes et les pellets.

6.9 Détente en forêt

Tessa Hegetschweiler, Marcel Hunziker, Boris Salak, Jean-Laurent Pfund

- La forêt reste un espace de détente important, en particulier pour les habitants des régions urbaines et périurbaines. En ville, les arbres, les espaces verts et les forêts de proximité jouent un rôle essentiel dans la qualité de vie.
- La population apprécie la forêt, espace qu'elle visite le plus souvent. La satisfaction des visites a toutefois diminué durant la dernière décennie, et les dérangements perçus ont augmenté.
- En raison de la croissance démographique et de la densification urbaine, l'usage récréatif de la forêt devrait s'accroître, ce qui pose un défi pour la gestion des forêts périurbaines.

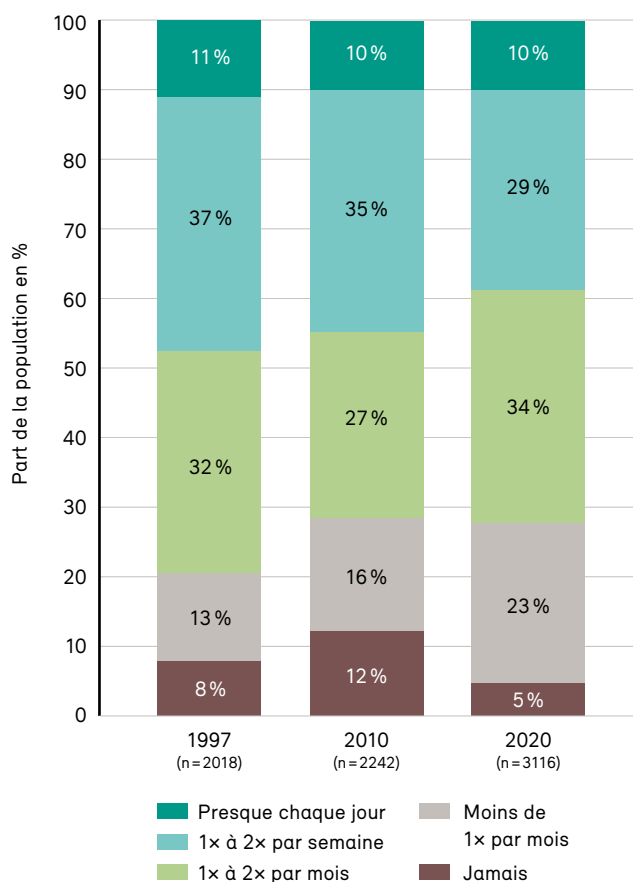
La population en forêt

En Suisse, 80 % de la population atteint la forêt la plus proche du domicile en 15 minutes à pied (OFEV/WSL 2022). Selon l'enquête de 2020 menée déjà pour la troisième fois dans le cadre du monitoring socioculturel des forêts (WaMos3), 10 % des personnes se rendent presque quotidiennement en forêt (OFEV 2022d), 29 % la visitent une à deux fois par semaine et 34 % une à deux fois par mois (Hegetschweiler et al. 2022). Outre WaMos, l'Inventaire forestier national (IFN) fournit aussi des informations sur l'utilisation de la forêt comme espace de détente et de loisirs. Les gardes forestiers sont notamment interrogés sur les fonctions forestières et prioritaires et sur l'intensité, la saisonnalité et les types d'activités de loisirs pratiquées dans un périmètre de 100 m autour des placettes IFN. Les résultats de l'IFN4 (2009-2017) montrent qu'une partie toujours plus grande de l'aire forestière suisse est utilisée pour des activités récréatives et de loisirs et que la fréquence des visites et le nombre d'activités augmentent (Fischer et al. 2020, Hegetschweiler et al. 2021).

Depuis WaMos2 de 2010 (OFEV/WSL 2013, Hunziker et al. 2012), les visites occasionnelles en forêt se sont espacées, passant de une à deux fois par semaine à une à deux fois par mois (fig. 6.9.1). Par contre, le nombre de personnes qui ne se rendent jamais en forêt a diminué au fil des années. L'un dans l'autre, la fréquence moyenne des visites par habitant est ainsi restée constante, et cela depuis plus de

Figure 6.9.1

Fréquence des visites en forêt selon les enquêtes de 1997 (WaMos1), 2010 (WaMos2) et 2020 (WaMos3).



Source : Hegetschweiler et al. 2022

quarante ans. La fréquence accrue des visites constatée dans l'IFN4 peut s'expliquer par la croissance démographique en Suisse (OFS 2020). Leur durée moyenne en revanche n'a cessé de baisser depuis WaMos1, en 1997 (OFEFP 1999), passant de 106 minutes dans WaMos1, à 90 minutes dans WaMos2 et à 79 minutes dans WaMos3.

Activités privilégiées et motifs des visites en forêt

Plus de 90 % de la population dit aimer « assez bien » à « beaucoup » la forêt qu'elle visite le plus souvent. La part de personnes aimant « beaucoup » la forêt a toutefois

diminué par rapport à WaMos2, passant de 58 % à 40 %. Comme dans WaMos2, la forêt mixte est la forme la plus attrayante. La présence d'une strate buissonnante est encore plus appréciée dans WaMos3 que dans WaMos2. L'intérêt pour le bois mort a aussi augmenté, mais reste à un bas niveau. Les lisières composées de grands arbres et celles constituées d'arbustes sont à peu près également appréciées. L'attrait pour les lisières avec de grands arbres a toutefois légèrement diminué dans WaMos3 par rapport à WaMos2. De même, l'infrastructure de détente en forêt est moins appréciée dans l'enquête de 2020 qu'en 2010, sauf les chemins, les bancs et les pistes finlandaises. Au total, 83 % de la population est satisfaite de la quantité de l'infrastructure et ne souhaite ni davantage, ni moins d'infrastructure en forêt.

Les visiteurs se rendent en forêt surtout pour profiter du bon air, être en contact avec la nature, agir pour leur santé ou s'évader du quotidien. Il est intéressant de noter que le seul motif en hausse depuis WaMos2 est le désir d'« être seul ». Conformément à ces motifs, les activités le plus souvent mentionnées sont la « promenade / marche », suivies d'« observer la nature » et de « flâner / être au calme / se détendre / spiritualité », ces deux dernières activités étant probablement combinées avec la « promenade / marche ».

Au total, 88 % de la population se dit « plutôt » voire « très satisfaite » des visites en forêt. Elles ont un effet délassant sur une grande majorité des visiteurs. En ville, les arbres, les espaces verts et les forêts périurbaines jouent un rôle essentiel dans la qualité de vie. Cependant, les dérangements lors de la détente ont augmenté. Ainsi, la part de population indiquant ne jamais se sentir dérangée en forêt, qui était encore de 74 % dans WaMos2, a chuté à 54 % dans WaMos3. La perception accrue des dérangements en forêt est une tendance qui perdure parallèlement à la croissance démographique.

Sylvothérapie, sentiers pédagogiques et école en forêt

L'augmentation du nombre de visiteurs, la diversification des loisirs, la hausse des dérangements perçus et l'évolution des préférences montrent que le monitoring de l'usage récréatif des forêts pourra encore fournir de précieuses informations à l'avenir. De nouvelles tendances peuvent s'établir très vite et faire de nombreux adeptes.

Un monitoring systématique peut aider à les identifier rapidement et à préparer les bases nécessaires à la gestion des visiteurs en forêt. La sylvothérapie, les sentiers pédagogiques et les vélos électriques ont le vent en poupe. L'école en forêt et les journées en forêt de classes d'écoles sont aussi clairement en hausse (point 6.11). La gestion des visiteurs, la mise à disposition de l'infrastructure, la garantie de la sécurité et de l'accessibilité figurent parmi les grands défis de la gestion des forêts. Parallèlement, les personnes en quête de détente éprouvent de plus en plus le besoin d'être informées sur la gestion forestière. La communication accrue et l'implication de la population dans des processus participatifs offrent des opportunités de sensibilisation, mais posent aussi des exigences élevées au personnel (Wilkes-Allemand et al. 2022). Dans tous les cas, la forêt continuera de jouer à l'avenir un rôle important d'espace de détente pour la population.

6.10 Forêt et patrimoine culturel

Jean-Laurent Pfund

- Le patrimoine culturel de la Suisse est étroitement lié à la forêt.
- La forêt est présente dans le patrimoine culturel immatériel par des traditions et des folklores, et dans le patrimoine culturel matériel par des forêts exceptionnelles et l'environnement forestier de certains objets. En 2021, des hêtraies suisses ont été inscrites dans la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.
- On observe actuellement un retour à la nature de la population ayant pour effet que la forêt et les arbres occupent à nouveau plus de place dans la culture. La recherche sur les valeurs culturelles de la forêt et leur intégration dans la planification forestière pourraient être soutenues par une participation plus large de la population.

La culture est définie comme l'ensemble des traits distinctifs, spirituels et matériels, intellectuels et affectifs qui caractérisent une société ou un groupe social. Le patrimoine culturel immatériel recouvre les traditions et pratiques liées à l'identité culturelle. En 2017, l'Office fédéral de la culture a actualisé la « Liste des traditions vivantes de Suisse » (OFC 2017). Celles-ci comprennent aussi des formes culturelles traditionnellement proches du domaine de la forêt et du bois, comme la lutte suisse dans la sciure ou le tavillonnage dans les cantons de Fribourg et de Vaud. En milieu urbain, Genève célèbre le marronnier de la Treille, qui annonce le printemps, et les cantons d'Argovie et de Bâle-Campagne l'arbre de mai.

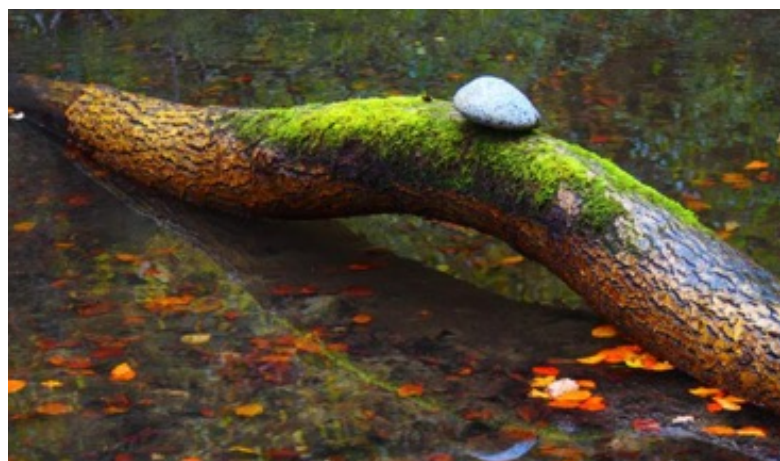
Le patrimoine matériel comprend des biens culturels créés par l'être humain, et des paysages naturels exceptionnels. La Convention du patrimoine mondial de l'UNESCO compte treize objets suisses. Parmi ceux-ci figurent les hêtraies de la vallée de Lodano au Tessin et du Bettlachstock dans le canton de Soleure, inscrites en 2021 dans la liste (UNESCO 2021). La forêt abrite en outre une centaine d'autres objets, comme des tertres funéraires préhistoriques et des cimetières en forêt.

Notre culture s'enracine dans le passé, mais reste vivante par les modes de vie et les convictions vécus aujourd'hui. Une équipe de recherche internationale a effectué dans treize pays, dont la Suisse, une analyse des valeurs spirituelles de la forêt en fonction notamment de la couverture forestière (Roux et al. 2022). Elle a étudié quatre phases d'état et leurs transitions respectives à l'aide d'indicateurs. Selon son hypothèse de transition, après une gestion plutôt économique et rationnelle, un retour à des valeurs immatérielles de la nature se dessine. En effet, une hausse des activités spirituelles et thérapeutiques en lien avec la forêt s'observe actuellement en Suisse (point 6.9). Cette phase transitoire pourrait être utile pour la conservation de la forêt. La recherche sur les valeurs culturelles et spirituelles de la forêt et leur intégration dans la planification forestière pourraient être soutenues par une participation plus large de la population.

Figure 6.10.1

La nature inspire l'être humain : un simple réarrangement de matériaux naturels suffit à créer un effet fascinant (Elfenau, Berne).

Photo : Andreas Bernasconi



6.11 Pédagogie forestière

Gerda Jimmy

- À l'école enfantine et primaire, la forêt est de plus en plus utilisée comme espace d'apprentissage.
- Elle offre une valeur ajoutée pédagogique pour l'enseignement de diverses branches.
- Les enseignants du secondaire souhaitent mieux l'intégrer dans leur enseignement et l'utiliser plus souvent comme lieu d'apprentissage.

La forêt accueille de plus en plus souvent des activités pédagogiques : les écoles enfantines organisent régulièrement des journées en forêt, des classes primaires y suivent des leçons, souvent en collaboration avec le secteur forestier. Les projets de participation de classes à l'entretien d'un bout de forêt sous la surveillance d'un professionnel restent très demandés. Les visites d'entreprises forestières ont beaucoup de succès, et plusieurs services forestiers cantonaux ont créé de nouveaux postes en pédagogie forestière.

Depuis quelques années, on constate un intérêt croissant du degré primaire pour la forêt comme lieu d'apprentissage au-delà de la pédagogie forestière classique (C. Stocker, fondation Silviva, communication personnelle, 27.2.2023). Car outre le savoir sur la forêt, d'autres disciplines comme les mathématiques peuvent y être enseignées très concrètement. Le programme « Enseigner dehors » de la fondation Silviva met à disposition du matériel pédagogique avec de nombreuses idées d'application ainsi qu'une plate-forme pour des possibilités d'échange et de formation continue. Une même tendance s'observe dans d'autres pays européens, comme le montrent des expériences du réseau European Forest Pedagogics (C. Stocker, fondation Silviva, communication personnelle, 27.2.2023).

Au degré secondaire, une étude réalisée sur mandat de l'OFEV (Probst et al. 2021) relève que la forêt ne figure pratiquement jamais dans les programmes d'enseignement. Des contenus sur la forêt suisse font notamment défaut dans le matériel pédagogique, et peu de connaissances sont enseignées sur elle. Cependant, les enseignants manifestent beaucoup d'intérêt pour les activités et visites en forêt et souhaiteraient mieux intégrer celle-ci dans leur enseignement.

D'une manière générale, l'intérêt pour la pédagogie forestière offre une opportunité pour sensibiliser les générations futures à la forêt en tant qu'écosystème digne de protection.

Figure 6.11.1

La forêt comme espace d'apprentissage offre de multiples possibilités, par exemple par la sollicitation de différents sens. Photo : OFEV





Glossaire

A

abiotique

Processus et facteurs n'impliquant pas d'organismes vivants. Les → facteurs stationnels abiotiques sont des facteurs environnementaux qui ne sont ni causés ni influencés par des organismes vivants, comme les conditions météorologiques ou la roche-mère. Antonyme : → biotique.

Accord de Paris

Accord adopté lors de la conférence sur le climat de 2015 à Paris qui engage tous les États à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Il remplace le Protocole de Kyoto de 1997 et élargit les objectifs d'émission à tous les pays du monde. La Suisse a ratifié l'accord le 6 octobre 2017.

accroissement

Dans l'→ IFN, accroissement brut du volume de bois. Il comprend l'augmentation du volume du bois de tige en écorce de tous les arbres et arbustes avec un → diamètre à hauteur de poitrine (DHP) d'au moins 12 cm ayant survécu entre deux inventaires, le volume du bois de tige en écorce du passage à la futaie, et l'augmentation modélisée du volume du bois de tige en écorce des pertes durant la moitié de la période d'inventaire. → accroissement net

accroissement brut

→ accroissement

accroissement net

→ Accroissement du volume de bois après déduction du volume de la mortalité.

acide

Composé chimique qui libère des → protons dans une solution aqueuse. → base

acidification du sol

Processus par lequel un sol devient plus acide. Par l'→ altération chimique de minéraux ayant un pouvoir tampon et l'échange de cations, un sol peut jusqu'à un certain degré neutraliser des acides. Si les quantités d'acide entrant dans le sol, p. ex. sous forme de polluants atmosphériques, sont supérieures à ce qu'il peut neutraliser, le pouvoir tampon s'épuise. Le → pH baisse, la → saturation en bases diminue et les → protons libérés par les acides peuvent entraîner les nutriments hors du sol. Un sol acidifié est donc moins apte à fournir des nutriments aux plantes qu'un sol neutre ou basique. → capacité d'échange cationique

aérosol

Particule solide ou liquide en suspension dans l'air. → poussières fines

aire de conservation génétique

Secteur forestier géographiquement défini qui est délimité et protégé afin de conserver à long terme la diversité génétique d'essences principales importantes.

altération

Dissolution et transformation de roches et de minerais dans le sol forestier. L'altération chimique est le principal processus de neutralisation des acides dans les sols et la source de nutriments la plus importante pour les plantes. → acidification du sol

ammoniac (NH₃)

Composé azoté gazeux toxique, à l'odeur âcre. Il résulte principalement des activités agricoles (élevage, purinage).

arbre sec sur pied

Arbre mort sur pied, dans l'→ IFN arbre ou arbuste mort à partir de 12 cm de → diamètre à hauteur de poitrine (DHP).

arbre-habitat

Arbre vif comportant des structures d'habitat telles que trous de piver, → cavités à terreau, aires de grands oiseaux (rapaces diurnes et nocturnes), champignons en forme de consoles, fentes causées par la foudre, grosses branches mortes au niveau de la couronne, poches d'humus, poches dans l'écorce, coulées de sève en surface.

association forestière

Association végétale dominée par des arbres d'une unité floristique définie du classement de la végétation caractérisée par la présence de certaines espèces végétales.

azote (N)

Important élément nutritif et l'un des principaux constituants de l'air sous forme d'un gaz incolore et inodore (N_2). Pour être absorbé par les plantes, l'azote atmosphérique doit être transformé soit en → nitrate (NO_3^-), soit en ammonium (NH_4^+).

B**base**

Composé chimique capable de fixer des → protons. Une base peut neutraliser un → acide.

biodiversité

Terme générique pour la diversité des → écosystèmes (milieux naturels, biocénoses) et de leurs processus, la diversité des espèces et la diversité génétique au sein des espèces.

biomasse

Ensemble des matières organiques d'origine végétale ou animale, y c. matériel mort, dans un → écosystème.

biotique

Processus et facteurs impliquant des organismes vivants. Les → facteurs stationnels biotiques sont des facteurs environnementaux causés ou influencés par des organismes vivants (p. ex. concurrence, organismes nuisibles ou abrutissement). → abiotique

bois bostryché

Arbres infestés par les scolytes (bostryches).

bois d'industrie

Bois brut qui après déchiquetage ou traitement chimique sert à fabriquer de la pâte de bois et de la cellulose pour le papier, de la laine de bois, des panneaux de particules ou de fibres et d'autres produits industriels.

bois de tige

Volume aérien de la tige d'un arbre (sans les branches, mais avec l'écorce) dans l'→ IFN. → grume

bois-énergie

Bois destiné à être utilisé thermiquement pour produire de l'énergie, donc par combustion. Il est utilisé comme bois de feu classique (→ bûche), plaquettes, briquettes de bois ou pellets. Selon son origine, une distinction est faite entre bois de forêt, → bois hors forêt, → sous-produits (du bois d'industrie), bois de plantation et → bois usagé (industrie du bois).

bois hors forêt

Bois poussant hors de la forêt. Il comprend le bois provenant de régions urbaines, de talus routiers et de berges ainsi que de l'entretien de haies ou d'arbre individuels.

bois mort

Arbres et arbustes morts à terre ou sur pied. → arbre sec sur pied

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. Une distinction est faite entre bois rond feuillu et résineux selon le groupe d'essences.

bois usagé (industrie du bois)

Bois éliminé du processus d'utilisation. Il s'agit de bois provenant p. ex. de la démolition d'immeubles ou de l'élimination de meubles et d'emballages. Selon sa provenance, il est à l'état naturel ou a été traité.

bûche

Bois de forêt séché, scié et fendu utilisé comme → bois-énergie.

C

capacité d'échange cationique

Valeur exprimant la quantité de → cations qu'un sol est capable de retenir sur son complexe adsorbant, en quantité de cations échangeables (cations basiques : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ; cations acides : H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+}).

carbone (C)

Composant essentiel des composés organiques. Sa combustion ou celle de composés carbonés libère du → CO_2 (dioxyde de carbone).

cation

Composé chimique chargé positivement. → cation basique, → capacité d'échange cationique

cation basique

Cation dont l'hydroxyde (OH^-) est une → base faible. En font partie les nutriments Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ (d'après l'anglais *base cation* [BC]). → rapport BC/Al

cavité à terreau

Cavité d'un tronc où s'est accumulé un terreau constitué de bois très décomposé, de résidus végétaux et de restes d'excréments d'animaux. Elle constitue un → habitat précieux pour des espèces rares et très spécialisées.

CEE-ONU

Abréviation de « Commission économique des Nations Unies pour l'Europe » (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE). Sise à Genève et fondée en 1947 en tant que l'une de cinq commissions régionales, dont le but essentiel est de promouvoir la coopération économique entre les 56 États membres.

centrale de couplage chaleur-force (CCF)

Centrale qui brûle un combustible (p. ex. du bois) pour produire de l'électricité et en même temps de la chaleur utilisée à d'autres fins (p. ex. processus industriels, chauffage). → installations spéciales

charge critique (critical load)

Charge maximale de dépôts de polluants atmosphériques (composés azotés et soufrés, métaux lourds) qu'un → écosystème, en l'état actuel des connaissances, est capable de supporter sans subir de dommages à long terme.

CO_2 (dioxyde de carbone)

Gaz produit par la combustion ou la décomposition de matières carbonées telles que le bois ou le pétrole. C'est un gaz à effet de serre en grande partie responsable du réchauffement climatique. Les plantes fixent le CO_2 et intègrent le → carbone (C) dans leur biomasse. → photosynthèse

composés organiques volatils (COV)

Groupe de composés d'hydrocarbures assez volatils pouvant contenir des composants toxiques.

comptabilité nationale

Mode de calcul et de présentation pour la saisie statistique de l'activité économique annuelle d'un pays consistant à relever la production, la distribution et l'utilisation de la valeur totale de tous les biens et prestations produits.

conservation ex situ

Conservation d'une espèce hors de son milieu naturel, p. ex. dans des collections d'individus vivants créées à cet effet, ou sous forme de graines dans une banque de gènes. → conservation in situ

conservation in situ

Conservation ciblée d'une espèce dans son milieu naturel. → conservation ex situ

couche supérieure du sol

Deuxième couche du sol forestier depuis la surface, aussi appelée horizon A, constituée de terre minérale et d'humus. → horizon organique

coupe progressive

Forme de gestion d'un → peuplement dans laquelle la forêt est régénérée par parcelles (en Suisse généralement de petite taille) par une combinaison de diverses coupes (progressive, d'abri, en lisière). Il en résulte des peuplements à des → stades de développement qui se distinguent clairement les uns des autres par les dimensions de leurs arbres. → forêt permanente, → forêt jardinée

critère

Dans le Rapport forestier 2025, terme désignant, au sens de → Forest Europe, un domaine thématique ou un aspect de la forêt dont l'état ou les particularités sont décrits ou évalués à l'aide de plusieurs → indicateurs.

cryptogame

Plante sans fleurs et champignon qui se multiplie par spores (mousses, fougères, prêles).

D**dangers naturels gravitaires**

Mouvements vers l'aval tels que les processus de chute, les avalanches, les glissements de terrain, les laves torrentielles et les crues.

définition de la forêt

La forêt est un écosystème durablement occupé par des arbres. Selon la définition de l'→ IFN, les critères de délimitation déterminants entre forêt et non-forêt sont un → degré de recouvrement minimal de 20 %, une hauteur dominante d'au moins 3 m, et une largeur minimale de 25 à 50 m dépendant du degré de recouvrement.

défoliation

Perte de feuilles ou d'aiguilles d'un arbre par rapport à une valeur de référence, la différence de foliation étant jugée d'origine inconnue. La valeur de référence correspond à la foliation maximale prévisible pour une essence donnée. La défoliation et la croissance des arbres sont des → indicateurs de l'évolution de la santé des forêts sur le long terme.

degré de fermeture

Structure horizontale d'un peuplement et expression de la concurrence entre les houppiers (fermeture). Il se réfère à la strate supérieure du peuplement déterminant, si celle-ci a atteint un → degré de recouvrement de 20 %. Dans l'→ IFN, on distingue les degrés « comprimé », « normal », « lâche », « aéré », « clairié », « en collectifs serrés », « en collectifs normaux » et « à fermeture étagée ».

degré de recouvrement

Rapport de la surface des projections des houppiers à la surface totale d'un peuplement ou d'une surface à évaluer, sans tenir compte des recouvrements multiples. Il ne peut pas dépasser 100 %. → degré de fermeture, → définition de la forêt

diamètre à hauteur de poitrine (DHP)

Diamètre du tronc, mesuré à 1,3 m du sol. → diamètre au milieu

diamètre au milieu

Diamètre de bois ronds mesuré au milieu du tronc, généralement sous écorce. → diamètre à hauteur de poitrine (DHP)

diversité structurelle

Dans l'IFN, indicateur servant à caractériser le → peuplement en tant qu'habitat. Il est déduit des paramètres suivants : → stade de développement, → degré de fermeture, → structure des peuplements, proportion de gros bois, gravité des dégâts au peuplement, présence de lisière forestière ou de limite de peuplement, présence et types de trouées dans le peuplement, → degré de recouvrement de la → strate buissonnante, degré de recouvrement des arbustes à baies, ainsi que présence de souches, de → bois mort à terre, d'→ arbres secs sur pied et de tas de branches.

durabilité dans l'exploitation de la forêt et du bois

Principe de gestion forestière visant à conserver durablement la forêt et ses diverses fonctions et prestations. → fonctions de la forêt, → prestation forestière

E

écosystème

Ensemble dynamique et fonctionnel composé d'un milieu naturel et de tous ses êtres vivants (biocénose). Ceux-ci interagissent avec leur environnement → biotique et → abiotique et échangent de l'énergie, des matériaux et des informations.

Éléonor (Burglind)

Tempête hivernale qui a touché la Suisse le 3 janvier 2018. Plus forte tempête depuis → Lothar en 1999, elle a couché environ 1,3 million de mètres cubes de bois, surtout dans le Jura et dans la plaine du nord des Alpes.

entreprise forestière

Unité organisationnelle de l'économie forestière qui gère des forêts sous une direction et selon une stratégie uniques en tant que personne physique ou morale de droit public ou de droit privé. Une entreprise forestière peut comporter un ou plusieurs propriétaires forestiers. En Suisse, les entreprises forestières relèvent le plus souvent des pouvoirs publics, p. ex. une commune politique. Pour être considérées comme entreprise forestière dans la → statistique forestière suisse de l'Office fédéral de la statistique, elles doivent disposer de comptes consolidés de la surface exploitée et d'une surface minimale de forêt (Plateau : 150 ha, Jura : 200 ha, Préalpes : 250 ha, Alpes et sud des Alpes : 500 ha).

épandage d'alluvions

Dépôt de débris majoritairement grossiers charriés hors du lit d'un cours d'eau lors d'une inondation. → dangers naturels gravitaires

espèce cible

Espèce animale ou végétale dont la conservation et la promotion nécessitent des mesures de protection et d'entretien spécifiques. Généralement → espèce prioritaire au niveau national. Le résultat des mesures est évalué d'après la présence effective de l'espèce cible. → espèce parapluie

espèce envahissante, non indigène

Espèce introduite dont on sait ou on doit supposer qu'elle pourrait se propager en Suisse et atteindre ainsi une densité de peuplement qui pourrait porter atteinte à la diversité biologique et à l'utilisation durable de ses éléments ou mettre en danger l'être humain, les animaux ou l'environnement.

espèce parapluie

Espèce cible dans la conservation des espèces. La protection d'une espèce parapluie profite en même temps à de nombreuses autres espèces vivant dans le même milieu naturel.

espèce pionnière

Espèce végétale présente dans les premiers stades de → succession. Ses caractéristiques sont la formation de nombreuses graines qui se dispersent facilement, une fructification annuelle, une croissance rapide en jeunesse, une faible tolérance à l'ombre et une grande tolérance aux conditions climatiques extrêmes ainsi que, souvent, une courte durée de vie → essence climacique

espèce saproxylique

Champignon ou animal qui dépend entièrement ou partiellement du bois, l'habite ou l'utilise pendant au moins une partie de son cycle de vie. Ce terme est surtout utilisé pour les insectes.

espèces et milieux prioritaires au niveau national

Liste d'espèces animales et végétales que la Confédération a définies comme étant prioritaires pour la promotion des espèces en Suisse. Le caractère prioritaire est déterminé d'après le degré de menace et la responsabilité de la Suisse pour la survie d'une espèce ou d'un milieu naturel.

essence climacique

Essence qui s'impose en fin de → succession. → espèces pionnières.

étage collinéen

Cf. → étages de végétation

étages de végétation

Ensemble des stations présentant des conditions de végétation comparables (→ association forestière), compte tenu des facteurs stationnels déterminants, en particulier l'altitude. En Suisse, on distingue cinq principaux étages : l'étage collinéen, l'étage montagnard, l'étage subalpin, l'étage alpin et l'étage nival. Les limites entre étages sont diffuses et peuvent évoluer avec le temps.

exploitation forcée

Exploitation non planifiée de peuplements forestiers consécutive à des → perturbations.

F**facteurs stationnels**

Ensemble des influences environnementales agissant en un lieu donné sur les êtres vivants. Ils recouvrent les influences de l'environnement → biotique et → abiotique. Les facteurs stationnels primaires (p. ex. eau, chaleur, lumière, facteurs chimiques et mécaniques) agissent directement. Les facteurs stationnels secondaires (p. ex. facteurs climatiques, altitude, facteurs biotiques dans le sol) agissent indirectement.

flux d'ozone

Quantité d'→ ozone absorbée par les stomates des feuilles et des aiguilles. Le volume du flux d'ozone dépend de l'essence et des conditions environnementales. → POD

flux de gènes

Diffusion du patrimoine génétique à l'intérieur d'une population et entre populations, chez les plantes par le pollen et les graines.

fonction prioritaire

Fonction la plus importante d'une forêt ou d'une parcelle forestière remplissant simultanément plusieurs fonctions. Dans l'→ IFN, désigne la fonction forestière qui a priorité en cas de conflit d'utilisation selon les forestiers de triage, les autres fonctions étant prises en considération dans la mesure des possibilités.

fonctions de la forêt

Tâches remplies par la forêt (effets et potentiel de la forêt) ou attendues d'elle (exigences de la population). Divisées en fonctions protectrice, économique et sociale dans la Constitution. → prestation forestière

Forest Europe

Conférence ministérielle de 45 pays européens et de la Commission européenne ayant pour but la protection et la gestion durable des forêts en Europe.

forêt buissonnante

Au sens de l'→ IFN, → peuplement dont la surface est couverte à plus de deux tiers d'arbustes. Il s'agit en particulier des forêts d'aulnes verts et de pins couchés, mais aussi des forêts de noisetiers et de boisements similaires.

forêt jardinée

→ Futaie à structure étagée dans laquelle des arbres de toutes les classes de diamètre se côtoient, et qui est toujours exploitée pied par pied (jardinage). Le jardinage vise la récolte des bois mûrs, la sélection des arbres de valeur, la conservation de la structure étagée du peuplement sur de petites surfaces, et une → régénération continue.

forêt naturelle

Forêt issue de → régénération naturelle et qui se développe depuis longtemps sans intervention humaine. Dans l'IFN, forêt qui n'a pas été gérée ou pâturée par du bétail depuis plus de 100 ans, qui est issue d'une régénération naturelle pure et qui contient une proportion de résineux proche de l'état naturel.

forêt permanente

Forme de gestion d'un → peuplement dans laquelle la forêt n'est pas régénérée par coupes étendues, mais par prélèvement par pieds d'arbres mûrs (→ forêt jardinée) ou par petits groupes (forêt jardinée par groupes et de montagne). Il en résulte une forêt irrégulière dans laquelle toutes les générations d'arbres se côtoient sur de petites, voire très petites surfaces. → coupe progressive

forêt primaire

Forêt dont les utilisations humaines antérieures ne sont ni connues ni reconnaissables ou étaient si insignifiantes et si anciennes qu'elles n'ont aucune influence identifiable sur la composition en essences, la structure, la quantité de bois mort et la dynamique de la forêt actuelle. Les forêts primaires se distinguent par de grandes quantités de → bois mort, car les arbres morts y sont laissés sur place.

FSC

Abréviation de Forest Stewardship Council. Organisation internationale d'associations environnementales, de peuples autochtones ainsi que de l'économie forestière et l'industrie du bois fondée en 1993 qui soutient l'exploitation écologiquement et socialement durable de la forêt et délivre le label FSC au bois produit selon ces principes. → PEFC

futaie

Forme de base d'un → peuplement dans lequel les arbres sont principalement issus de francs-pieds (graines ou boutures). Une distinction est faite entre futaie régulière et → forêt jardinée. La première est composée de peuplements homogènes, bien délimités sur le plan spatial et temporel et avec une structure en strates dans lesquels les arbres du peuplement principal présentent des → diamètres à hauteur de poitrine (DHP) similaires et peuvent donc être classés dans le même → stade de développement. Dans la forme de gestion de la futaie régulière, la → régénération se fait par coupes étendues à la fin d'une → révolution. → taillis, → taillis-sous-futaie

G**géant**

Arbres d'un → diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de plus de 80 cm. Ils sont écologiquement très précieux, car grâce à leur gros volume de bois, leur écorce épaisse et leur couronne (houppier) généralement imposante et très structurée, ils offrent des → habitats à de nombreuses espèces d'animaux et d'insectes.

gestion intégrée des risques

Mode de gestion tenant compte de l'ensemble des dangers naturels et mesures et impliquant tous les responsables de la planification et de la mise en œuvre de ces mesures. Vise la durabilité écologique, économique et sociale.

grume

→ Bois rond de qualité supérieure, utilisable comme → sciage ou bois de placage. En général, il s'agit de → bois de tige.

H**habitat**

Milieu naturel d'une espèce végétale ou animale englobant tous les facteurs environnementaux écologiques d'une biocénose.

hétérozygotie

Caractéristique d'individus présentant des gènes maternels et paternels (allèles) différents en un locus donné. Le degré d'hétérozygotie (en %) indique combien de locus sont hétérozygotes chez un arbre individuel ou leur valeur moyenne pour tous les arbres d'une population. Il sert d'indicateur de la diversité génétique au sein d'une population.

horizon organique

Première couche du sol forestier constituée de résidus organiques à différents stades de décomposition. → couche supérieure du sol

humus

Ensemble de la substance organique morte à base de carbone présente dans l'horizon organique et dans le sol (0-100 cm de profondeur). → couche supérieure du sol

I**IFN**

Cf. → Inventaire forestier national

îlot de sénescence

Peuplement en général de 1 à 5 ha constitué principalement de vieux arbres laissés sur pied jusqu'à leur décrépitude naturelle. Ils servent à enrichir les forêts exploitées en vieux bois et en → bois mort.

indicateur

Valeur simple et mesurable se rapportant à des systèmes, des processus ou des états complexes. Dans l'→ IFN, les indicateurs sont des caractéristiques avec un contenu informatif particulier en relation avec les → critères spécifiques utilisés pour le contrôle de la gestion durable.

infrastructure écologique

Une infrastructure écologique est un réseau de surfaces importantes pour la biodiversité. Elle sert à conserver, à valoriser, à rétablir et à relier les précieux milieux naturels et proches de l'état naturel en Suisse.

installations spéciales

Installations dans lesquelles du → bois-énergie sous forme de pellets ou de plaquettes est brûlé pour produire de la chaleur et de l'électricité. Contrairement aux chauffages individuels et à bûches, elles existent dans diverses tailles, grandes ou petites. → centrale de couplage chaleur-force

inventaire forestier

Relevé périodique de caractéristiques d'arbres et de peuplements servant de base pour le suivi des forêts et la planification forestière à l'échelle de l'entreprise, du canton ou du pays. → IFN, → inventaire Sanasilva

Inventaire forestier national (IFN)

Inventaire par échantillonnage sur environ 6500 placettes réparties dans toute la Suisse. L'IFN dresse périodiquement le bilan de l'état et des modifications de la forêt. Ses données permettent de tirer des conclusions statistiquement fiables pour la Suisse, ses grands cantons et ses régions. Actuellement se déroule le cinquième inventaire (IFN5 2018-2026), dont les résultats intermédiaires (2018-2022) sont pris en compte dans le Rapport forestier 2025. Les précédents inventaires ont eu lieu sur les périodes 1983-1985 (IFN1), 1993-1995 (IFN2), 2004-2006 (IFN3) et 2009-2017 (IFN4). Depuis 2009, les données sont collectées en continu par relevé annuel d'un neuvième des placettes. Les sources primaires de données sont les photos aériennes, les relevés de terrain et les enquêtes auprès des → service forestier.

inventaire Sanasilva

Inventaire annuel de la → défoliation et de la mortalité dans la forêt suisse réalisé sur un sous-ensemble systématique de l'→ IFN comprenant environ 50 placettes d'échantillonnage. Il fait partie du réseau européen représentatif d'une maille de 16x16 km du niveau I du PIC-Forêts de la CEE-ONU. → inventaire forestier

J**jeune peuplement**

→ Peuplement dans les → stades de développement recrû/fourré et bas-perchis. Dans l'→ IFN, tous les peuplements avec un diamètre à hauteur de poitrine dominant (DHPdom) inférieur à 12 cm sont comptabilisés comme jeunes forêts.

L**lave torrentielle**

Mélange de débris solides (p. ex. des pierres) et d'eau, avec une proportion élevée de matière solide, qui se déplace plus ou moins vite. → dangers naturels gravitaires

layon de débardage

Tranchée non boisée, aménagée sans travaux de terrassement dans les terrains accessibles aux tracteurs pour le transport de bois jusqu'à la route forestière la plus proche.
→ tapis de branches

lessivage des nitrates

Quantité annuelle de → nitrates (NO_3^-) qui s'écoulent de la zone d'enracinement vers les eaux de surface ou les eaux souterraines.

limite forestière statique

Limite forestière fixée dans le plan de gestion. Les boisements qui s'établissent en dehors de cette limite ne sont pas considérés comme une forêt au sens juridique et peuvent donc être défrichés sans autorisation.

lisière

Limite ou zone de transition entre la forêt et les autres éléments du paysage. La lisière comprend le manteau forestier (arbres de lisière typiques d'au moins 12 cm de → diamètre à hauteur de poitrine [DHP]), le cordon de buissons (plantes ligneuses de moins de 12 cm DHP), et l'ourlet herbeux en tant que zone tampon non exploitée ou exploitée uniquement de manière extensive située entre la forêt et les terres agricoles exploitées intensivement.

loi sur les forêts (LFo)

Loi du 4 octobre 1991 sur les forêts, entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1993, complétée par l'ordonnance du 30 novembre 1992 sur les forêts (OFo). La première loi suisse sur les forêts était la loi fédérale de 1876 concernant la haute surveillance de la Confédération sur la police des forêts dans les régions élevées. Celle-ci comprenait déjà le principe de gestion durable de la forêt, et notamment l'obligation de conserver l'aire forestière précisant que les défrichements en forêt ne sont autorisés que si une surface équivalente est reboisée ailleurs.

Lothar

Tempête qui a balayé l'Europe occidentale et centrale le 26 décembre 1999. Elle a causé des dégâts chiffrés à près de 1,8 milliard de francs en Suisse.

M**mètre cube plein (m^3p)**

Unité de mesure pour le → bois rond. Un mètre cube plein correspond à un mètre cube de masse de bois, généralement sans écorce. Cette unité de mesure est utilisée pour le bois rond récolté et vendu.

monitoring de la biodiversité (MBD)

Projet de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) visant à surveiller la → biodiversité en Suisse. Le MBD relève régulièrement le nombre de certaines espèces animales et végétales sur des placettes d'échantillonnage. Il montre comment la biodiversité évolue.

monitoring socioculturel des forêts (WaMos)

Enquête périodique représentative sur les relations que la population suisse entretient avec la forêt, menée par téléphone en 1997 (WaMos1) et en 2010 (WaMos2), et en ligne en 2020 (WaMos3).

mycorhize

Symbiose entre un champignon et une plante dans laquelle un champignon est en contact avec les racines d'une plante. Les champignons mycorhiziens fournissent de l'eau et des nutriments du sol à la plante et reçoivent en échange du glucose produit par cette dernière.

N**néophyte**

Espèce végétale introduite intentionnellement ou non après 1492 (voyage vers l'Amérique de Christophe Colomb) dans un habitat situé en dehors de son aire de répartition naturelle.

nitrate (NO_3^-)

Composé d'azote et d'oxygène bien soluble dans l'eau. Les besoins en azote des plantes sont couverts par l'absorption de nitrates de l'eau du sol.

O

obligation de conserver l'aire forestière

Cf. → loi sur les forêts (LFo)

Observation intercantonale permanente des forêts (WDB)

Programme de recherche sur l'observation à long terme des forêts mené depuis 1984 par l'Institut de biologie végétale appliquée (IAP) sur mandat de treize cantons à ce jour et de l'OFEV. La santé et la vitalité des forêts sont régulièrement relevées sur 190 placettes d'observation en mettant l'accent sur la croissance de la forêt et le cycle des éléments nutritifs dans les sols.

ongulé sauvage

Terme regroupant les artiodactyles sauvages, et désignant dans l'→ IFN les cerfs, les chevreuils et les chamois.

ozone (O₃)

Composé d'oxygène fortement réactif présent à l'état de traces dans l'atmosphère. Dans la stratosphère, la couche d'ozone protège la terre du rayonnement ultraviolet nocif. Au niveau du sol, il est nocif même à faible concentration. L'ozone irrite les voies respiratoires humaines et porte atteinte aux cellules photosynthétiques des plantes.

P

parasite

Organisme qui vit à l'intérieur ou à la surface d'autres organismes vivants en se nourrissant de leurs éléments nutritifs.

patinage des roues (dégât)

Dégâts causés au sol forestier par la circulation d'engins lourds lors de la récolte des bois sous l'effet des forces de frottement des roues ou des chenilles. Il peut être réduit par des mesures techniques.

patrimoine culturel immatériel

Traditions vivantes comme les expressions orales, les arts du spectacle, les pratiques sociales, les rituels et les événements festifs, les connaissances et les pratiques relatives à la nature et à l'univers et les techniques artisanales.

pâturage boisé

Pâturage comportant des arbres forestiers et soumis à la législation forestière. Paysage forestier ouvert alternant sur de petites surfaces îlots de forêt et pâturages qui s'est formé suite au pacage extensif et revêt aujourd'hui une grande valeur pour la protection de la nature. Les plus beaux pâturages boisés se trouvent dans le Haut-Jura et dans les Alpes centrales. → selve

PEFC

Abréviation de « Programme de reconnaissance des certifications forestières » (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Organisation indépendante de certification qui vise à garantir et à améliorer constamment une gestion forestière durable. → FSC

perturbation

Événement limité dans le temps et dans l'espace entraînant une perte de biomasse vivante, tel que chablis, infestation de scolytes, incendie de forêt, sécheresse. → exploitation forcée

peuplement

Ensemble d'arbres se distinguant nettement des surfaces voisines par la composition en essences, l'âge ou la structure. Il constitue la plus petite unité spatiale pour la gestion sylvicole et l'→ inventaire forestier.

peuplement comprimé

→ Peuplement dans lequel les couronnes sont en contact étroit et s'influencent mutuellement, ce qui se manifeste souvent par des couronnes déformées. → degré de fermeture

peuplement semencier

→ Peuplement comportant au moins 100 arbres d'une qualité sélectionnée et dans lequel des → semences sont récoltées.

pH

Mesure de la concentration de → protons dans un milieu aqueux, p. ex. dans une → solution du sol ou dans la pluie. Plus un pH est bas, plus la concentration de protons est élevée. Les liquides sont neutres lorsque leur pH est égal à 7, basiques lorsqu'il est supérieur à 7 et acides lorsqu'il est inférieur à 7.

photosynthèse

Processus biochimique par lequel les plantes utilisent l'énergie solaire pour produire du glucose et de l'oxygène et donc de la → biomasse à partir du → CO₂ (dioxyde de carbone) et de l'eau.

plan directeur forestier (PDF)

Instrument de gestion et de coordination pour le → service forestier cantonal (aussi appelé plan forestier régional [PFR] dans certains cantons). Le PDF a un caractère contraignant pour les autorités. Il détermine les prestations forestières d'intérêt public sur la base des → fonctions de la forêt et fixe les consignes pour arriver à une gestion durable de la forêt. Il englobe une région ou un canton et doit être coordonné avec le plan directeur cantonal conformément à la loi sur l'aménagement du territoire.

plantation

Ensemencement de sites ou plantation à leur emplacement définitif en forêt des jeunes arbres ou arbustes (plants) issus de graines ou de boutures. Type de gestion souvent utilisé pour régénérer la forêt, p. ex. sur des surfaces sinistrées. → régénération naturelle

plante autochtone

Plante indigène apparue naturellement dans son aire de répartition ou qui l'a colonisée sans intervention humaine directe ou indirecte.

plante vasculaire

Plante possédant un système de vaisseaux stables (trachées) assurant le transport d'eau. Les plantes de ce type comprennent trois parties : les racines, la tige et les feuilles. Elles sont subdivisées en ptéridophytes (fougères, prêles) et spermatophytes (arbres, buissons, graminées, fleurs).

plasticité

Transformation de caractéristiques extérieures d'un individu en réaction à des changements de facteurs environnementaux. Aussi différences extérieures entre individus possédant des génotypes identiques (clones) ou très semblables. Résulte souvent d'un changement de l'expression génique.

POD

Dose d'ozone phytotoxique (d'après l'anglais *phytotoxic ozone dose* [POD]). Indice de la dose d'ozone absorbée par les stomates des végétaux. → flux d'ozone

polluant atmosphérique

Substances nocives transportées dans l'air. En font partie l'→ ozone (O₃), l'→ ammoniac (NH₃), l'oxyde d'azote et le dioxyde de soufre, ainsi que des poussières fines. → aérosol

potentiel du bois-énergie

Quantité de bois pouvant être utilisé à des fins énergétiques. Une distinction est faite entre potentiel théorique et potentiel durable. Le premier désigne une limite maximale purement théorique (p. ex. l'→ accroissement), le second le potentiel disponible en tenant compte des conditions-cadres juridiques, politiques, écologiques, techniques et économiques.

poussières fines

Particules très fines en suspension dans l'air de diverses origines (combustion, frottement mécanique, formation secondaire de polluants précurseurs gazeux). → aérosol

prestation forestière

Avantage économique, sanitaire ou social que la forêt procure à des personnes, voire à l'ensemble de la société. Souvent utilisé comme synonyme de → service écosystémique. → fonctions de la forêt

proton

Atome d'hydrogène chargé positivement (H⁺). Les protons sont libérés dans une solution aqueuse par les → acides et captés par les → bases. Dans les sols acides, les protons sont présents à des concentrations élevées. → pH

provenance

Lieu d'origine de matériel de reproduction (→ semences ou jeunes plants) destiné à une → plantation. Par exemple, les hêtres de la forêt de Sihlwald sont appréciés pour leurs propriétés de croissance. Les provenances de régions sèches et chaudes gagnent en importance en raison des changements climatiques.

puits de carbone

Réservoir qui absorbe et fixe du → carbone (C). Les forêts absorbent du CO₂ de par leur croissance et par l'augmentation du carbone séquestré dans l'horizon organique, dans le sol et dans le bois mort. L'exploitation forestière et la décomposition libèrent du carbone dans l'atmosphère. Si la forêt absorbe plus de carbone qu'elle n'en libère, elle devient un puits de carbone. Cette définition n'intègre pas la capacité de stockage du bois construit.

R**rapport BC/Al**

Ratio entre les → cations basiques (BC, *base cations*) Ca, Mg et K et l'aluminium (Al) inorganique dans la → solution du sol. Mesure de l'→ acidification du sol.

Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF)

Programme de recherche qui étudie les effets à long terme sur la forêt d'atteintes d'origine naturelle et anthropique. Il s'appuie sur un réseau de différents types de placettes qui font partie du réseau de la → CEE-ONU (49 placettes de l'→ inventaire Sanasilva réparties systématiquement sur une grille de maille de 16x16 km, et 19 sites permanents de recherche, auxquels s'ajoutent divers sites expérimentaux).

récolte de bois

Prélèvement d'arbres en forêt. Le processus comprend le bûcheronnage (abattage et façonnage, ébranchage et débitage), le débardage (transport jusqu'à la route forestière) et l'entreposage du bois jusqu'à son transport routier vers l'usine. → layon de débardage

recrû/fourré

→ Stade de développement d'un → peuplement dans lequel les 100 plus hauts arbres par hectare mesurent en moyenne au maximum 1,3 m de hauteur. Les jeunes arbres ne forment pas encore de peuplement fermé et appartiennent à la strate herbacée ou à la → strate buissonnante.

régénération

Ensemencement et croissance de jeunes arbres. La régénération peut être favorisée par des mesures sylvicoles (p. ex. éclaircies pour la → régénération naturelle), ou se faire par → plantations ciblées. Le terme désigne également un collectif de jeunes arbres.

régénération naturelle

→ Régénération qui se produit naturellement par ensemencement ou par multiplication végétative.

réseau d'exploitations forestières (REF)

Relevé systématique de la situation économique de 160 exploitations forestières publiques. Les données relevées par zone forestière et pour toute la Suisse permettent de tirer des conclusions pour l'ensemble de la branche.

résilience

Capacité d'un → écosystème à conserver un état d'équilibre malgré diverses perturbations écologiques.

ressources génétiques

Diversité génétique présente dans des populations naturelles ou des collections de → conservation ex situ.

révolution

Nombre planifié d'années entre la création d'un peuplement forestier et sa réalisation (coupe de réalisation) dans un → peuplement. Correspond à la période entre deux coupes de réalisation. → taillis, → futaie

S

saprophyte

Organisme (surtout champignons et bactéries) qui se nourrit de résidus organiques morts (bois, parties de végétaux, feuilles, aiguilles, cônes, corne, animaux morts, etc.), car il ne fait pas de photosynthèse.

saturation en bases

Pourcentage de → cations basiques par rapport à la → capacité d'échange cationique du sol. Une saturation élevée indique en général une bonne disponibilité en nutriments pour les plantes, une saturation basse est caractéristique des sols acides.

sciage

Produit issu du débitage des → grumes dans une scierie, p. ex. planches et lattes pour la construction, l'industrie de l'emballage ou la fabrication de meubles.

selve

Pâturage avec des châtaigniers ou des noyers dispersés comme dans un parc, utilisé aussi bien pour produire du bois, des fruits et du foin que pour servir de pâturage. En Suisse, les selves sont surtout présentes dans le sud des Alpes. En tant que forme d'agroforesterie, elles prennent une importance accrue pour la production agricole durable.
→ Pâturage boisé

semence

Graine prélevée directement sur l'arbre-mère, dans des filets ou au sol, et utilisée pour la production de jeunes plants forestiers.

service écosystémique

Avantage qu'un → écosystème procure à la société, comme la production de biomasse ou le stockage de carbone.
→ fonctions de la forêt, → prestation forestière

service forestier

Service de l'administration fédérale ou cantonale chargé de l'exécution de la législation forestière. Dans les cantons, les secteurs sont partagés en arrondissements et en triages forestiers.

solution du sol

Partie aqueuse du sol, y c. les substances qui y sont dissoutes. La solution du sol remplit la fonction importante de milieu de transport et de réaction dans le sol.

source de carbone

Le contraire d'un → puits de carbone.

sous-produit du bois d'industrie

Déchet d'entreprises de la transformation du bois telles que scieries, raboteries et menuiseries, par exemple copeaux et sciure. Ce type de sous-produits est utilisé énergétiquement ou en tant que matériau.

sous-produit du bois de forêt

Part du bois récolté qui ne peut pas être utilisée comme → bois rond : rameaux et ramilles ainsi que troncs et branches n'atteignant pas les diamètres et longueurs prédéfinis des assortiments de bois rond. Ce type de sous-produits est utilisé comme source d'énergie et, rarement, comme matériau.

stade de développement

Étape dans l'évolution du peuplement, définie d'après les grandeurs moyennes ou dominantes (diamètre ou hauteur). En fonction du diamètre à hauteur de poitrine dominant (DHPdom), l'→ IFN distingue les stades de développement suivants : le recrû / fourré (< 12 cm), le perchis (12-30 cm), la jeune futaie (31-40 cm), la futaie moyenne (41-50 cm) et la vieille futaie (> 50 cm).

statistique forestière suisse

Relevés annuels de l'Office fédéral de la statistique portant sur la quantité de bois livrée à port de camion par assortiment et essence, sur les plantations et sur les données financières des entreprises (sans les petits propriétaires de forêt). Les relevés sont effectués de façon exhaustive auprès de toutes les entreprises forestières et de façon partielle par le → réseau d'exploitations forestières (REF).

strate arborée (étage d'arbres)

Étage de végétation principalement constitué d'arbres. La strate arborée détermine la constitution et la structure de la forêt, renferme la majeure partie de sa biomasse, et régit des → services et fonctions écosystémiques importants.
→ strate buissonnante

strate buissonnante (ou arbustive)

Strate de la → structure du peuplement verticale formée avant tout d'arbustes d'une hauteur maximale de 5 m.
→ strate arborée

Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050

Stratégie nationale destinée à remplacer et à regrouper la politique forestière et la politique de la ressource bois à partir de 2025. Elle comprend une approche globale visant l'équilibre entre les aspects de protection et d'utilisation et prenant en compte tous les objectifs sectoriels (climat, énergie, biodiversité, aménagement du territoire, économie régionale, agriculture, économie circulaire, sécurité, bioéconomie, etc.).

structure du peuplement

Stratification verticale d'un peuplement, définie selon les parts de ses strates (supérieure, intermédiaire et inférieure) comme structures à une ou plusieurs strates, étagées et par collectifs.

succession

Enchaînement temporel de la croissance de différentes associations végétales et animales en un lieu donné sans influence humaine. La succession forestière désigne l'enchaînement d'associations pionnières et d'essences de lumière jusqu'aux associations climaciques composées d'essences d'ombre. → espèce pionnière, → essence climacique

surface forestière

Ensemble des surfaces pouvant être qualifiées de forêt selon la définition de l'→ IFN. Il englobe la forêt et la → forêt buissonnante.

Swiss Bird Index (SBI®)

Indice de la Station ornithologique suisse de Sempach qui reproduit l'évolution des oiseaux nicheurs en Suisse depuis 1990. Sont prises en compte dans l'indice partiel SBI® Forêt 56 espèces forestières d'oiseaux pour les populations desquelles un nombre suffisant de données sont disponibles.

sylviculture proche de la nature

Mode de gestion inspirée du développement naturel de la forêt. Celui-ci vise des mélanges d'essences adaptés à la station et des peuplements richement structurés sur le plan tant vertical qu'horizontal, et mise en principe sur la → régénération naturelle. Contrairement à la → forêt naturelle, la forêt proche de la nature est exploitée.

T**taillis**

Forme de base d'un → peuplement dont les arbres sont issus de rejets de souche (multiplication végétative par développement de pousses depuis la souche) ou de drageons. Plus ancienne forme d'exploitation destinée essentiellement à la production de bois de feu et qui favorise les essences formant des rejets de souche comme le charme et le chêne. Le taillis est exploité à courtes → révolution de 10 à 30 ans. → futaie, → taillis-sous-futaie

taillis-sous-futaie

Forme de forêt présentant des éléments du → taillis et de la → futaie, composée d'une strate inférieure (sous-étage) de rejets de souche (arbres issus de multiplication végétative par développement de pousses depuis la souche) et d'une strate supérieure de francs-pieds (arbres issus de semences ou de boutures) et en partie de rejets de souche réservés. Forme de gestion rare aujourd'hui, surtout pratiquée du début du Moyen Âge jusqu'au XIX^e siècle.

tapis de branches

Tranchée en forêt recouverte de branches et de rameaux d'arbres abattus afin de protéger le sol forestier des engins forestiers lors de la récolte du bois et de l'évacuation des arbres. → layon de débardage

U**utilisation en cascade**

Stratégie consistant à utiliser le bois d'abord en tant que matériau, p. ex. dans des meubles ou pour construire des maisons, avant qu'il ne fasse l'objet d'une valorisation énergétique (incinération) à la fin du cycle de vie pour produire de la chaleur.

V**valeur ajoutée brute**

Valeur de l'ensemble des marchandises et services produits en une année d'un pays après déduction de la consommation intermédiaire, c'est-à-dire les biens et services consommés, traités ou transformés lors du processus de production.

vieux bois (économie forestière)

Stade de développement d'un peuplement dans lequel les 100 plus gros arbres par hectare ont un → diamètre à hauteur de poitrine moyen d'au moins 50 cm. Correspond au stade de développement de la vieille futaie dans l'→ IFN.

vitalité

Capacité d'un arbre à se développer, déterminée par son patrimoine génétique et les conditions environnementales. La vitalité s'exprime notamment par la capacité d'adaptation et de concurrence de l'arbre.

Vivian

Tempête qui a causé des dommages considérables en Europe, y c. en Suisse, en février 1990. En Suisse, elle a surtout touché les Préalpes du nord, où elle a détruit des surfaces importantes de forêts de montagne.

volume de bois

Volume du → bois de tige en écorce (généralement en m³/ha) de tous les arbres et les arbustes vivants (sur pied ou à terre) d'un → peuplement avec un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) d'au moins 12 cm ou sur une surface.

volume de bois total

Volume du → bois de tige de tous les arbres vifs et morts (sur pied et à terre) et tous les arbustes d'au moins 12 cm de → diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Le volume de bois total comprend le → volume de bois et le volume de → bois mort.

Z**zone de protection des eaux souterraines**

Principal instrument de planification pour la protection de l'eau potable. Les cantons sont tenus de délimiter des zones de protection autour des captages d'intérêt public. Celles-ci comprennent différents degrés de protection : la zone S1 sert à protéger directement le captage d'eau potable. La zone S2 protège le captage des atteintes nuisibles et des interventions sur le terrain. La zone S3 constitue une zone tampon avec le secteur de protection attenant et fait l'objet de restrictions d'utilisation et de mesures de prévention des dangers. Les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes sont protégés depuis 2017 par les zones supplémentaires Sh (h = haute vulnérabilité) et Sm (vulnérabilité moyenne).

zone forestière

Région délimitée en fonction des conditions de croissance et de production du bois. La Suisse comprend les zones forestières du Jura, du Plateau, des Préalpes, des Alpes et du sud des Alpes. Elles sont aussi appelées régions de production dans l'→ IFN.

Sources

Abegg M., Ahles P., Allgaier Leuch B., Cioldi F., Didion M., Düggelein C., Fischer C., Herold A., Meile R., Rohner B., Rösler E., Speich S., Temperli C. & Traub B., 2023 : Swiss national forest inventory NFI. Result tables and maps of the NFI surveys 1983-2022 (NFI1, NFI2, NFI3, NFI4, NFI5.1-5). <http://www.lfi.ch/resultate>

Alewell C., Egli M. & Meusburger K., 2015 : An attempt to estimate tolerable soil erosion rates by matching soil formation with denudation in Alpine grasslands. *Journal of Soils and Sediments* 15 : 1383-1399. DOI : 10.1007/s11368-014-0920-6

Arend M., Link R. M., Patthey R., Hoch G., Schuldt B. & Kahmen A., 2021 : Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (16) : 25111. DOI : 10.1073/pnas.2025251118

ARGE Frehner M., Dionea S. A. & IWA Wald und Landschaft AG, 2020 : NaiS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Arnold R., Auer N., Bürgi P., Coleman Brantschen E. C. & Pierre S., 2020 : Waldleistungen ausserhalb der Holzproduktion. Entwicklung von Einnahmen und Kostendeckung anhand empirischer Daten aus dem forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetz (TBN) der Schweiz. Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, Zollikofen.

Association pour l'eau, le gaz et la chaleur (SVGW), 2023 : Captage d'eau en Suisse 1945-2020. Infographique. <https://www.svgw.ch/fr/eau/statistique-de-leau/infographique> (dernière consultation : 28.6.2023)

Bachmann P., 2005 : Forstliche Planung – heute und morgen. *Forestry planning : today and tomorrow. Journal forestier suisse* 156 : 137-141. DOI : 10.3188/szf.2005.0137

Bachofen H., Brändli U.-B., Brassler P., Kasper H., Lüscher P., Mahrer P., Riegger W., Stierlin H.-R., Strobel T., Sutter R., Wenger C., Winzeler K. & Zingg A., 1988 : Inventaire forestier national. Résultats du premier inventaire 1982-1986. WSL, Birmensdorf.

Baumgarten F., Gessler A. & Vitasse Y., 2023 : No risk – no fun : Penalty and recovery from spring frost damage in deciduous temperate trees. *Functional Ecology* 37 : 648-663. DOI : 10.1111/1365-2435.14243

Bebi P., Piazza N., Ringenbach A., Caduff M., Conedera M., Krumm F. & Rigling A., 2023 : Schutzwirkung und Resilienz von Gebirgswäldern nach natürlichen Störungen. In : Bebi P., Schweizer J. : Aus Störungen und Extremereignissen im Wald lernen. WSL, Birmensdorf. 41-48.

Beenken L., Buser C., Dubach V., Forster B., Hölling D., Meier F., Meyer J. B., Odermatt O., Ruffner B., Schneider S., Stroheker S. & Queloz V., 2018 : Protection des forêts – vue d'ensemble 2017. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 67.

Bernasconi A., Dirac C., Griess V., de Groot R. & Inostroza L., 2022 : Erfassung und Bewertung von Waldleistungen. *Journal forestier suisse* 173 : 284-287. DOI : 10.3188/szf.2022.0284

Bernath K., von Felten N., Buser B. & Walker D., 2013 : Inländische Wertschöpfung bei der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz. Étude sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Birrer S., Bühler C., Fluri M., Heer N., Hutter P., Kipfer T., Kurtogullari Y., Kohli L., Martinez N., Plattner M., Roth T., Stalling T., Steiner E., Stickelberger C. & Zangger A., 2022 : Analyse des causes en forêt. Hotspot numéro spécial 46 : 20-21.

Blaser S., Ruffner B., Mittelstrass J., Dubach V. & Queloz V., 2023 : First detection of invasive Douglas fir needle midges from the genus *Contarinia* Rondani (Diptera : Cecidomyiidae) in Switzerland. In review. Bioinvasions Records.

Blattert C., Bürgi A. & Lemm R., 2012 : Berechnung von Mehraufwand und Minderertrag infolge des Trinkwasserschutzes im Wald. *Journal forestier suisse* 163 : 437-444. DOI : 10.3188/szf.2012.0437

Blattert C., Lemm R., Thürig E., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Temperli C., 2020 : Long-term impacts of increased timber harvests on ecosystem services and biodiversity : A scenario study based on national forest inventory data. *Ecosystem Services* 45 : 101-150. DOI : 10.1016/j.ecoser.2020.101150

Bobbink R., Loran C. & Tomassen H., 2022 : Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau.

Bonnamour A., Gippet J. M. W. & Bertelsmeier C., 2021 : Insect and plant invasions follow two waves of globalisation. *Ecology Letters* 24 : 2418-2426. DOI : 10.1111/ele.13863

Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H. & Eggenberg S., 2016 : Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. OFEV, Berne ; Info Flora, Genève. L'environnement pratique no 1621

Bose A. K., Rigling A., Gessler A., Hagedorn F., Brunner I., Feichtinger L., Bigler C., Egli S., Etzold S., Gossner M. M., Guidi C., Lévesque M., Meusburger K., Peter M., Saurer M., Scherrer D., Schleppi P., Schönbeck L., Vogel M. E., von Arx G., Wermelinger B., Wohlgemuth T., Zweifel R. & Schaub M., 2022 : Lessons learned from a longterm irrigation experiment in a dry Scots pine forest : Impacts on traits and functioning. *Ecological Monographs* 92 (2) : e1507. DOI : 10.1002/ecm.1507

Brändli U. B. & Bollmann K., 2015 : Diversité spécifique. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf.

Brändli U. B. & Cioldi F., 2015 : Structure d'âge et structure du peuplement. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf.

Brändli U. B., Abegg M. & Allgaier Leuch B., 2020 : Inventaire forestier national. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017. WSL, Birmensdorf ; OFEV, Berne.

Brang P. & Duc P., 2002 : Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgs-Fichtenwald : Nachweis mit einem neuen Modellansatz. A new modelling approach suggests insufficient regeneration in Swiss Norway spruce mountain forests. *Journal forestier suisse* 153 : 219-227. DOI : 10.3188/szf.2002.0219

Brang P. & Zingg A., 2002 : 600 bis 900 Jahre alte Buchen – wie ist die Faktenlage ? *Journal forestier suisse* 153 : 417.

Brang P., Heiri C. & Bugmann H., 2011 : Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Haupt-Verlag, Berne, Stuttgart, Vienne.

Brang P., Augustin S. & Pluess A. R., 2016 : Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Haupt-Verlag, Berne, Dübendorf.

Braun S. & Flückiger W., 2013 : Wie geht es unserem Wald ? 29 Jahre Walddauerbeobachtung. Bericht 4. IAP, Schönenbuch. 127 p.

Braun S., Cantaluppi L. & Flückiger W., 2005 : Fine roots in stands of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* along a gradient of soil acidification. *Environmental Pollution* 137 : 574-579. DOI : 10.1016/j.envpol.2005.01.042

Braun S., Frehner M., Rihm B. & Augustin S., 2023c : Feuchteachse von Ökogrammen : Quantifizierung und Abschätzung zukünftiger Veränderungen. *Journal forestier suisse* 174 : 24-31. DOI : 10.3188/szf.2023.0024

Braun S., Hopf S.-E., Tresch S., Remund J. & Schindler C., 2021 : 37 years of forest monitoring in Switzerland : Drought effects on *Fagus sylvatica*. *Frontiers in Forests and Global Change* 4 : 765782. DOI : 10.3389/ffgc.2021.765782

- Braun S., Rihm B. & Schindler C., 2022 :** Epidemiological estimate of growth reduction by ozone in *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst : Sensitivity Analysis and Comparison with Experimental Results. *Plants* 11 : 777. DOI : 10.3390/plants11060777
- Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023a :** Uprooting and stem breakage in beech and Norway spruce : A 37 year's time series. Submitted. *Agricultural and Forest Meteorology*.
- Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023b :** Long-term risk assessment of uprooting and stem breakage under drought conditions and at high N deposition in beech and Norway spruce. In review. *Agricultural and Forest Meteorology* 341 : 109669. DOI : 10.1016/j.agrformet.2023.109669
- Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2014 :** Growth losses in Swiss forests caused by ozone : Epidemiological data analysis of stem increment of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst. *Environmental Pollution* 192 : 129-138. DOI : 10.1016/j.envpol.2014.05.016
- Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2017 :** Growth trends of beech and Norway spruce in Switzerland : The role of nitrogen deposition, ozone, mineral nutrition and climate. *Science of the Total Environment* 599-600 : 637-646. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2017.04.230
- Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2020b :** Foliar nutrient concentrations of European beech in Switzerland : Relations with nitrogen deposition, ozone, climate and soil chemistry. *Frontiers in Forests and Global Change* 3 : 1-15. DOI : 10.3389/ffgc.2020.00033
- Braun S., Schindler C., Volz R. & Flückiger W., 2003 :** Forest damages by the storm « Lothar » in permanent observation plots in Switzerland : The significance of soil acidification and nitrogen deposition. *Water, Air, and Soil Pollution* 142 : 327-340. DOI : 10.1023/A:1022088806060
- Braun S., Tresch S. & Augustin S., 2020a :** Soil solution in Swiss forest stands : A 20 year's time series. *PLOS ONE* 15 : 129-138. DOI : 10.1371/journal.pone.0227530
- Brose U. & Hillebrand H., 2016 :** Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences* 371 : 20150267 DOI : 10.1098/rstb.2015.0267
- Bühler C. & Roth T., 2021 :** Biodiversitätsförderung im Wald durch Eingriffe : eine Wirkungskontrolle anhand von Fallstudien. *Journal forestier suisse* 172 : 358-367. DOI : 10.3188/szf.2021.0358
- Büntgen U., Urban O., Krusic P.J., Rybníček M., Kolář T., Kyncl T., Ač A., Koňasová E., Čáslavský J., Esper J., Wagner S., Saurer M., Tegel W., Dobrovolný P., Cherubini P., Reinig F. & Trnka M., 2021 :** Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nature Geoscience* 14 : 190-196. DOI : 10.1038/s41561-021-00698-0
- Bürgi P. & Pauli B., 2016 :** Ansätze für einen Strukturwandel in der Schweizer Forstwirtschaft (Essay). *Journal forestier suisse* 167 : 192-195.
- Bürgi P., Müller A., Thomas M. & Pauli B., 2021 :** Réseau d'exploitations forestières de la Suisse. Résultats pour la période 2017-2019. 52 p.
- Burner R.C., Drag L., Stephan J.G., Birkemoe T., Wetherbee R., Müller J., Siitonen J., Snäll T., Skarpaas O., Potterf M., Doerfler I., Gossner M.M., Schall P., Weisser W.W. & Sverdrup-Thygeson A., 2022 :** Functional structure of European forest beetle communities is enhanced by rare species. *Biological Conservation* 267 : 109491. DOI : 10.1016/j.biocon.2022.109491
- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., & Larrieu, L., 2020 :** Connaître, conserver et promouvoir les arbres-habitats. WSL, Birmensdorf. Notice pour le praticien n° 64.
- Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP), 2023 :** Officially reported emission data. <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>
- Charrière J.-D., Frese S., Herren P. 2018 :** L'apiculture en Suisse. *Agroscope. Agroscope Transfer* n° 250.

ChasseSuisse, 2017 : La chasse en Suisse est naturelle et nécessaire. <https://www.chassesuisse.ch/assets/Uploads/JagdSchweiz-A65-Broschuere-F-GzD.pdf>

CLRTAP, 2017a : Mapping Critical Levels for Vegetation. In : Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels of air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Bangor UK. Disponible sous : www.icpmapping.org

CLRTAP, 2017b : Mapping critical loads for ecosystems, Chapter V of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. In : Spranger T., Lorenz U., Grego H.-D. : UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. UBA-Texte.

Conedera M. & Brändli U. B., 2015 : Essences exotiques. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf.

Conedera M. & Schoenenberger N., 2014 : Wann werden gebietsfremde Gehölze invasiv ? Ein methodologischer Ansatz. Journal forestier suisse 165 : 158-165. DOI : [10.3188/szf.2014.0158](https://doi.org/10.3188/szf.2014.0158)

Conedera M., Barthold F., Torriani D. & Pezzatti G. B., 2010 : Drought sensitivity of *Castanea sativa* : Case study of summer 2003 in the Southern Alps. Acta Horticulturae 866 : 297-302. DOI : [10.17660/ActaHortic.2010.866.36](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.866.36)

Conseil fédéral suisse, 2014 : Message relatif à la modification de la loi fédérale sur les forêts. Feuille fédérale (FF) 4775-4822.

Conseil fédéral suisse, 2022 : Adaptation de la forêt aux changements climatiques. Rapport du Conseil fédéral donnant suite à la motion 19.4177 Engler (Hêche) du 25.9.2019 et au postulat 20.3750 Vara du 18.6.2020. Conseil fédéral suisse, Secrétariat général du DETEC ; OFEV, Berne.

Dauphin B., Rellstab C., Schmid M., Zoller S., Karger D. N., Brodbeck S., Guillaume F. & Gugerli F., 2021 : Genomic vulnerability to rapid climate warming in a tree species with a long generation time. Global Change Biology 27 : 1181-1195. DOI : [10.1111/gcb.15469](https://doi.org/10.1111/gcb.15469)

de Witte L. C., Rosenstock N. P., van der Linde S. & Braun S., 2017 : Nitrogen deposition changes ectomycorrhizal communities in Swiss beech forests. Science of the Total Environment 605-606 : 1083-1096. DOI : [10.1016/j.scitotenv.2017.06.142](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.142)

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G. & Sager L., 2016 : Liste rouge des milieux de Suisse. Abrégé actualisé du rapport technique 2013 sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Didion M., Herold A. & Thürig E., 2019 : Whole tree biomass and carbon stock. In : Fischer C., Traub B. Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Springer International Publishing. Cham. 243-248.

Dubach V., Dennert F., Blaser S., Beenken L., Hölling D., Stroheker S., TreeNet, Kupferschmid A. D., Heinzelmann R., Britt E. & Queloz V., 2023 : Protection des forêts – vue d'ensemble 2022. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 135.

Egli S., Peter M., Buser C., Stahel W. & Ayer F., 2006 : Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long-term study in Switzerland. Biological Conservation 129 : 271-276.

Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P. & Wulff S., 2020 : Visual assessment of crown condition and damaging agents (Part IV). ICP Forests Programme Coordinating Centre, Thünen Institute, Eberswalde.

EPF Zurich et chaire d'écologie forestière, 2022 : Nationaler Generhaltungsgebiete-Kataster. <https://fe.ethz.ch/forschung/dendrology-and-vegetation-science/fgr/nkg.html> (dernière consultation : 31.10.2022)

Etzold S., Eugster W., Braun S., Thimonier A., Waldner P. & Zweifel R., 2021 : Stickstoffdeposition – ab wann ist es zu viel für das Baumwachstum ? Wald und Holz 102(11) : 15-18.

Etzold S., Ferretti M., Reinds G. J., Solberg S., Gessler A., Waldner P., Schaub M., Simpson D., Benham S., Hansen K., Ingerslev M., Jonard M., Karlsson P. E., Lindroos A.-J., Marchetto A., Manninger M., Meesenburg H., Merilä P., Nöjd P., Rautio P., Sanders T. G. M., Seidling W., Skudnik M., Thimonier A., Verstraeten A., Vesterdal L., Vejpustkova M. & de Vries W., 2020 : Nitrogen deposition is the most important environmental driver of growth of pure, even-aged and managed European forests. Forest Ecology and Management 458 : 13-15. DOI : 10.1016/j.foreco.2019.117762

Etzold S., Sterck F., Bose A. K., Braun S., Buchmann N., Eugster W., Gessler A., Kahmen A., Peters R. L., Vitasse Y., Walthert L., Ziemińska K. & Zweifel R., 2022 : Number of growth days and not length of the growth period determines radial stem growth of temperate trees. Ecology Letters 25 : 427-439. DOI : 10.1111/ele.13933

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1999 : FAO forestry. In: Non-wood Forest Products and Income Generation. Unasylva Nr. 198. <https://www.fao.org/3/x2450e/x2450e0d.htm#fao%20forestry>

Ferretti M., Fischer C., Gessler A., Graham C., Meusburger K., Abegg M., Bebi P., Bergamini A., Bockerhoff E. G., Brunner I., Bühler C., Conedera M., Cothureau P., D'Odorico P., Duggelin C., Ginzler C., Grendelmeier A., Haeni M., Hagedorn F., Hägeli M., Hegetschweiler K. T., Holderegger R., Krumm F., Gugerli F., Queloz V., Rigling A., Risch A. C., Rohner B., Rosset C., Scherrer D., Schulz T., Thürig E., Traub B., von Arx G., Waldner P., Wohlgemuth T., Zimmermann N. E. & Shackleton R. T., 2024 : Advancing forest inventorying and monitoring. Annals of Forest Science 81 : 6. <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01220-9>

Fischer C. & Traub B., 2019 : Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. Springer International Publishing. Cham.

Fischer C., Brändli U. B., Allgaier Leuch B. & Cioldi F., 2020 : Socio-économie. In : Brändli U.-B., Abegg M., Allgaier Leuch B. : Inventaire forestier national. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017. WSL, Birmensdorf ; OFEV, Berne.

Forest Europe, 2020 : State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Liaison Unit Bratislava. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf

Forest Stewardship Council (FSC), 2023 : PEFC and FSC Double Certification (2016-2022). <https://fsc.org>

Frehner M., Brang P., Kaufmann G. & Küchli C., 2018 : Bases stationnelles pour la gestion des forêts face aux changements climatiques. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 66.

Frei E. R., Streit K. & Brang P., 2018 : Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten : auf dem Weg zu einem schweizweiten Netz. Journal forestier suisse 169 : 347-350. DOI : 10.3188/szf.2018.0347

Frei E. R., Gossner M. M., Vitasse Y., Queloz V., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Hagedorn F., Meusburger K., Moor M., Samblàs Vives E., Rigling A., Uitentuis I., von Arx G. & Wohlgemuth T., 2022 : Drought legacy effects and first signs of recovery in European beech after the severe 2018 drought. Plant Biology 24 : 1132-1145.

Gehring E., Bellosi B., Reynaud N. & Conedera M., 2020 : Chestnut tree damage evolution due to Dryocosmus kuriphilus attacks. Journal of Pest Science 93 : 103-115. DOI : 10.1007/s10340-019-01146-0

Glatthorn J., Schweizer J., Streit K., Thees O. & Hobi M., 2023 : Adaptiver Waldbau – mit Wissen, Vorsicht und Mut. Journal forestier suisse 174 : 64-69. DOI : 10.3188/szf.2023.0064

Godi F., 2020 : Forêt-eau : devenir partenaires ! La Forêt 4 : 20-21.

Goldsmith G. R., Allen S. T., Braun S., Siegwolf R. T. W. & Kirchner J. W., 2022 : Climatic influences on summer use of winter precipitation by trees. *Geophysical Research Letters* 49 : e2022GL098323. DOI : 10.1029/2022GL098323

Gossner M. M., Lachat T., Brunet J., Isacsson G., Bouget C., Brustel H., Brandl R., Weisser W. W. & Müller J., 2013 : Current near-natural forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation Biology* 27 : 605-614. DOI : 10.1111/cobi.12023

Gossner M. M., Perret-Gentil A., Britt E., Queloz V., Glauser G., Ladd T., Roe A. D., Cleary M., Liziniewicz M., Nielsen L. R., Ghosh S. K., Bonello P. & Eisenring M., 2023 : A glimmer of hope – ash genotypes with increased resistance to ash dieback pathogen show cross-resistance to emerald ash borer. *New Phytologist* 240 : 1219-1232. DOI : 10.1111/nph.19068

Gossner M. M., Wende B., Levick S., Schall P., Floren A., Linsenmair K. E., Steffan-Dewenter I., Schulze E.-D. & Weisser W. W., 2016 : Deadwood enrichment in European forests – Which tree species should be used to promote saproxylic beetle diversity ? *Biological Conservation* 201 : 92-102. DOI : 10.1016/j.biocon.2016.06.032

Graf M., Seibold S., Gossner M. M., Hagge J., Weiss I., Bässler C. & Müller J., 2022 : Coverage-based diversity estimates of facultative saproxylic species highlight the importance of deadwood for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 517 : 120275. DOI : 10.1016/j.foreco.2022.120275

Grossiord C., Bachofen C., Gisler J., Mas E., Vitasse Y. & Didion Gency M., 2022 : Warming may extend tree growing seasons and compensate for reduced carbon uptake during dry periods. *Journal of Ecology* 110 : 1575-1589. DOI : 10.1111/1365-2745.13892

Gubler L., Ismail S. A. & Seidl I., 2020 : Subventions dommageables à la biodiversité en Suisse. Rapport de base. 2^e édition révisée. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 96.

Gugerli F., Frank A., Rellstab C., Pluess A. R., Moser B., Arend M., Sperisen C., Wohlgemuth T. & Heiri C., 2016 : Genetische Variation und lokale Anpassung bei Waldbaumarten im Zeichen des Klimawandels. In : Brang P., Augustin S., Pluess A. : Forêts et changements. Éléments pour des stratégies d'adaptation. Haupt Verlag, Berne, Dübendorf.

Hegetschweiler K. T., Salak B., Wunderlich A. C., Bauer N. & Hunziker M., 2022 : Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell (WaMos3) : Ergebnisse der nationalen Umfrage. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 120.

Hegetschweiler T., Allgaier Leuch B. & Fischer C., 2021 : Die Erholungsnutzung im Wald nimmt zu. *Wald und Holz* 102 : 19-22.

Hegg C., Jeisy M. & Waldner P., 2004 : Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. WSL, Birmensdorf.

Heiri C., Brändli U.-B., Bugmann H. & Brang P., 2012 : Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald ? *Journal forestier suisse* 163 : 210-221. DOI : 10.3188/szf.2012.0210

Hermann M., Röthlisberger M., Gessler A., Rigling A., Senf C., Wohlgemuth T. & Wernli H., 2023 : Meteorological history of low-forest-greenness events in Europe in 2002-2022. *Biogeosciences* 20 : 1155-1180. DOI : 10.5194/bg-20-1155-2023

Herold A., Zell J., Rohner B., Didion M., Thürig E. & Rösler E., 2019 : State and change of forest resources. In : Fischer C., Traub B. : Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. Springer International Publishing. Cham. 205-230.

Hertig H.-P., 1979 : Die Einstellung der Bevölkerung zu Problemen des Waldes und der Waldwirtschaft. *Journal forestier suisse* 130 : 591-620.

Hunziker M., von Lindern E., Bauer N. & Frick J., 2012 : Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell : Weiterentwicklung und zweite Erhebung – WaMos2. WSL, Birmensdorf.

Imesch N., Spaar R. & Stöckli B., 2020 : Plan d'action pour la conservation des espèces cibles dans les forêts claires. Guide pour coordonner la protection des espèces cibles et celle des milieux naturels. InfoSpecies, GT Biodiversité en forêt.

Imesch N., Stadler B., Bolliger M. & Schneider O., 2015 : Biodiversité en forêt : objectifs et mesures. Aide à l'exécution pour la conservation de la diversité biologique dans la forêt suisse. OFEV, Berne. *L'environnement pratique* n° 1503.

Impuls AG, 2023 : Waldreservate in der Schweiz : Bericht über den Stand der Umsetzung per 31.12.2022. Expertise sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Institut de biologie végétale appliquée (IAP) : Observation intercantonale permanente des forêts (WDB). https://www.iap.ch/fr/index_fr.html

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) : Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF). <https://lwf.wsl.ch/fr>

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) : L'inventaire Sanasilva. <https://www.wsl.ch/fr/foret/evolution-et-suivi-de-la-foret/linventaire-sanasilva>

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) : WSL Swissfire database. https://www.wsl.ch/swissfire_app

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022 : Summary for policymakers. In : Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press. 3-34

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023 : Climate Change 2023 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genève.

Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019a : Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.

Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019b : Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.

IRP, 2019 : Global Resources Outlook 2019 : Natural Resources for the Future We Want. In : ARGE Frehner M., Dionea SA und IWA – Wald und Landschaft AG. NaïS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potočić N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., De La Cruz A. C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M. & Rautio P., 2014 : Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe. *Global Change Biology* 21 : 418-430. DOI : 10.1111/gcb.12657

Kaufmann G., Staedeli M. & Wasser B., 2010 : Exigences de base d'une sylviculture proche de la nature. Rapport de projet. OFEV, Berne.

Keel A. & Chrenko R., 2023 : Monitoring Holzenergie. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

- Klesse S., Wohlgemuth T., Meusburger K., Vitasse Y., von Arx G., Lévesque M., Neycken A., Braun S., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Gossner M. M., Hagedorn F., Queloz V., Samblás Vives E., Rigling A. & Frei E. R., 2022 : Long-term soil water limitation and previous tree vigor drive local variability of drought-induced crown dieback in *Fagus sylvatica*. *Science of the Total Environment* 851 : 157926. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2022.157926
- Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T. & Schmid H., 2021 : Liste rouge des oiseaux nicheurs. Espèces menacées en Suisse. OFEV, Berne. L'environnement pratique n° 2124.
- Knaus P., Schmid H., Strebel N. & Sattler T., 2022 : État de l'avifaune en Suisse. Rapport 2022. <https://www.vogelwarte.ch/fr/recherche/situation-de-lavifaune/etat-de-lavifaune-2024>
- KORA, 2023 : Écologie des carnivores et gestion de la faune sauvage. <https://www.kora.ch/fr/especes/loup/populations>
- Krumm F., Schuck A. & Rigling A., 2020 : How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute, Bonn ; WSL, Birmensdorf. 640 p. DOI : 10.16904/envidat.196
- Kuhlgatz C. & Bolliger C., 2021 : Les champignons suisses toutes voiles dehors. Bulletin du marché des champignons comestibles. <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/markt/marktbeobachtung/speisepilze.html>
- Kupferschmid A.D. & Bollmann K., 2016 : Direkte, indirekte und kombinierte Effekte von Wölfen auf die Waldverjüngung. *Journal forestier suisse* 167 : 3-12. DOI : 10.3188/szf.2016.0003
- Lachat T., Brang P., Bolliger M., Bollmann K., Brändli U.-B., Bütler R., Herrmann S., Schneider O. & Wermelinger B., 2019 : Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung WSL, Birmensdorf. Notice pour le praticien n° 52.
- Landolt D., Tschannen A., Hess A. K. & Hänggli A., 2023 : Dem Fachkräftemangel im Wald begegnen. Kurzbericht im Auftrag der OdA Wald Schweiz. Interface Politikstudien Forschung Beratung. Lucerne.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B. & Vandekerckhove K., 2018 : Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests : A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84 : 194-207. DOI : 10.1016/j.ecolind.2017.08.051
- Larsen J. B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J. F., Diaci J., Dobrowolska D., Gazda A., Gustafsson L., Krumm F., Knoke T., Konczal A., Kuuluvainen T., Mason B., Motta R., Pötzelsberger E., Rigling A. & Schuck A., 2022 : Closer-to-nature forest management. From Science to Policy 12. European Forest Institute (EFI).
- Lauber K., Wagner G. & Gyga A., 2018 : Flora Helvetica. Flore illustrée de Suisse. Haupt Verlag, Berne.
- Lehner L., Kinnunen H., Weidner U. & Lehner J., 2013 : Branchenanalyse – Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette (WSK) Wald und Holz in der Schweiz. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).
- Lehmann A., 2019 : Oh Tannenbaum. Forum Z. Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières (OFDF).
- Lieberherr E., Coleman Brantschen E. C., Ohmura T., Wilkes-Allemann J. & Zabel A., 2023 : Optimierung der Waldpolitik 2020. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). 216 p.
- Limacher S. & Walker D., 2012 : Nicht-Holz-Waldprodukte in der Schweiz. Aktualisierung der Daten und Weiterentwicklung der Erhebungsmethoden im Hinblick auf die nationale und internationale Berichterstattung. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). WaldKultur, Vitznau.
- Losey S. & Wehrli A., 2013 : Forêt protectrice en Suisse. Du projet SilvaProtect-CH à la forêt protectrice harmonisée. OFEV, Berne.

Lüscher P., Frutig F., Sciacca S., Spjevak S. & Thees O., 2019 : Protection physique des sols en forêt. Protection des sols lors de l'utilisation d'engins forestiers. WSL, Birmensdorf. Notice pour le praticien n° 45.

MétéoSuisse, 2023 : Bulletin climatologique année 2022. Zurich.

Meusbürger K., Trotsiuk V., Schmidt-Walter P., Baltensweiler A., Brun P., Bernhard F., Gharun M., Habel R., Hagedorn F., Köchli R., Psoomas A., Puhmann H., Thimonier A., Waldner P., Zimmermann S. & Walthert L., 2022 : Soil-plant interactions modulated water availability of Swiss forests during the 2015 and 2018 droughts. *Global Change Biology* 28 : 5928-5944. DOI : 10.1111/gcb.16332

Monnerat C., Barbalat S., Lachat T. & Gonseth Y., 2016 : Liste rouge des Coléoptères Buprestidés, Cérambycidés, Cétoniidés et Lucanidés. Espèces menacées en Suisse. OFEV, Berne ; InfoFauna – CSCF, Neuchâtel ; WSL, Birmensdorf. L'environnement pratique n° 1622.

Müller J. & Büttler R., 2010 : A review of habitat thresholds for dead wood : A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129 : 981-992. DOI : 10.1007/s10342-010-0400-5

Nations Unies, Département des affaires économiques et sociales, 2018 : World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. Nations Unies. New York.

Nilsson S.G., Niklasson M., Hedin J., Aronsson G., Gutowski J.M., Linder P., Ljungberg H., Mikusiński G. & Ranius T., 2002 : Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 161 : 189-204. DOI : 10.1016/S0378-1127(01)00480-7

Nussbaum M. & Burgos S., 2021 : Soil organic carbon stocks in forests of Switzerland. Update of soil organic carbon stock estimation for the national greenhouse gas inventory. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Nussbaum M., Papritz A., Baltensweiler A. & Walthert L., 2012 : Organic carbon stocks of Swiss forest soils. Final Report. Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zurich ; WSL, Birmensdorf.

Nussbaumer T., 2023 : Vergleich der Ressourceneffizienz verschiedener Verwertungspfade zur Nutzung von Energieholz. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=53947&Sprache=de-CH>

Odermatt B., Annaheim J., Suter F. & Buser B., 2023 : Ressource Holz : Förderung und Unterstützung der stofflichen und energetischen Verwendung im Vergleich. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Office fédéral de l'énergie OFEN (2023) : Statistique suisse de l'énergie du bois. Relevé de l'année 2022. Berne.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) & Centre suisse d'informations sur les espèces (InfoSpecies), 2023 : Espèces menacées en Suisse. Synthèse des listes rouges. État 2022. OFEV, Berne ; InfoSpecies, Neuchâtel. État de l'environnement n° 2305.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) & Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), 2013 : La population suisse et sa forêt. Rapport relatif à la deuxième enquête menée dans le cadre du monitoring socioculturel des forêts (WaMos2). OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf. 92 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) & Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), 2022 : Évolution du paysage. Résultats du programme de monitoring Observation du paysage suisse (OPS). OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf. État de l'environnement n° 2219.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) : Indicateurs forêts et bois. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/etat/indicateurs/indicateur-forets-et-bois.pt.html> (dernière consultation : 12.7.2023)

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2013 : Plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse. OFEV, Berne.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2014 : Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) OFEV, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1410.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2019a : Liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national. Espèces et milieux prioritaires pour la conservation en Suisse. OFEV, Berne. L'environnement pratique n° 1709.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2019b : État et évolution des eaux souterraines en Suisse. Résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA. OFEV, Berne. État de l'environnement n° 1901.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2021a : Infrastructure écologique. Guide de travail pour la planification cantonale. Convention-programme 2020-2024. Version 1.0. OFEV, Berne.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2021b : Politique de la ressource bois 2030. Stratégie, objectifs et plan d'action bois 2021-2026. OFEV, Berne. Info Environnement n° 2103.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2021c : Politique forestière : objectifs et mesures 2021-2024. Pour une gestion durable des forêts suisses. 1^{re} édition actualisée 2021. 1^{re} parution 2013. OFEV, Berne. Info Environnement n° 2119.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2021d : Annuaire La forêt et le bois 2021. OFEV, Berne. État de l'environnement n° 2125.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022a : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/gestion-forestiere/nachhaltige-waldbewirtschaftung.html> (dernière consultation : 10.9.2023)

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022b : La qualité de l'air en 2021 Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) OFEV, Berne. État de l'environnement n° 2227.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022c : Annuaire La forêt et le bois 2022. OFEV, Berne. État de l'environnement n° 2225.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022d : La forêt perçue par la population. Résultats de la troisième enquête du monitoring socioculturel des forêts (WaMos3). OFEV, Berne. Connaissance de l'environnement n° 2212.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022e : Notice Fonctions de la forêt et services écosystémiques forestiers. OFEV, Berne.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2022f : Espèces exotiques en Suisse. Aperçu des espèces exotiques et de leurs conséquences. OFEV, Berne. Connaissance de l'environnement n° 2220. 62 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2023a : Statistiques de chasse. <https://www.jagdstatistik.ch/fr/statistics?tt=0>

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2023b : Nitrates dans les eaux souterraines. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/etat-des-eaux/etat-des-eaux-souterraines/eaux-souterraines--qualite/nitrates-dans-les-eaux-souterraines.html> (dernière consultation : 1.4.2023)

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2024 : Gestion durable des forêts de protection (NaiS). Aide à l'exécution pour les soins sylvicoles et le contrôle des résultats. 3^e édition actualisée en 2024. 1^{re} édition en 2005. OFEV, Berne. L'environnement pratique n° 2409.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 1999 : Les attentes de la société envers la forêt suisse. Enquête d'opinion. Berne.

Office fédéral de la culture (OFC), 2017 : Les traditions vivantes en Suisse. <https://www.lebendige-traditionen.ch/tradition/fr/home.html>

Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières (OFDF) : Statistique du commerce extérieur. www.bazg.admin.ch

Office fédéral de la statistique (OFS) : Statistique suisse de la superficie (AREA), Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2020 : Bilan de la population résidente permanente, par canton, 1991-2019. Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2022a : Résultats de la statistique forestière suisse. Banque de données interactive STAT-TAB. www.bfs.admin.ch

Office fédéral de la statistique (OFS), 2022b : Comptes nationaux. Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2022c : Comptes économiques de la sylviculture (CES). Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2022d : Comptes régionaux des branches du secteur primaire. Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2022e : Statistique structurelle des entreprises. Neuchâtel.

Office fédéral de la statistique (OFS), 2023 : Indice des prix à la production (IPP). Neuchâtel.

Ohmura T., Thürig E., Olschewski R. & Schulz T., 2023 : Intégration complète des services écosystémiques forestiers. PNR 73 Policy Brief n° 7.

Ott E., Lüscher F., Frehner M. & Brang P., 1991 : Verjüngungsökologie – Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe. *Journal forestier suisse* 142 : 879-904. DOI : 10.5169/seals-766509

Pancel L. & Köhl M., 2016 : Tropical Forestry Handbook, Springer. Berlin, Heidelberg.

Peter M., Ayer F. & Egli S., 2001 : Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytologist* 149 : 311-325.

Pluess A.R., Augustin S. & Brang P., 2016 : Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d'adaptation climatiques. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf ; Haupt Verlag, Berne, Stuttgart, Vienne. 447 p.

Probst M., Lupatini M., Grob R., Blandenier G. & Hendier A., 2021 : Le futur de la forêt – une étude sur la formation. Rapport final du projet sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Programme for the Endorsement of Forest Certification PEFC, 2023 : PEFC and FSC Double Certification (2016-2022).

Prospero S., Vannini A. & Vettraino A.M., 2012 : Phytophthora on *Castanea sativa* Mill. (sweet chestnut). Julius Kühn Institute Data Sheets. Plant Diseases and Diagnosis. DOI : 10.5073/jkidsbdd.2012.006

Rellstab C., Bühler A., Graf R., Folly C. & Gugerli F., 2016 : Using joint multivariate analyses of leaf morphology and molecular-genetic markers for taxon identification in three hybridizing European white oak species (*Quercus* spp.). *Annals of Forest Science* 73 : 669-679. DOI : 10.1007/s13595-016-0552-7

Rigling D., Hilfiker S., Schöbel C., Meier F., Engesser R., Scheidegger C., Stofer S., Senn-Irlet B. & Queloz V., 2016 : Le dépérissement des pousses du frêne. Biologie, symptômes et recommandations pour la gestion. WSL, Birmensdorf. Notice pour le praticien n° 57.

Rihm B. & Künzle T., 2023 : Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990-2020. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). 106 p.

Rogiers N., Hagedorn F. & Thürig E., 2015 : Réserves de carbone. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf.

- Rohrmann S., Bisig-Inanir D., Dehler A. & Brüscheweiler B. J., 2021 :** La teneur en nitrate de l'eau potable a-t-elle une influence sur le risque de cancer colorectal ? In : Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) : Bulletin nutritionnel suisse. 60-73.
- Roth N. :** Projet AMORE. Monitoring des espèces dans des réserves forestières naturelles. En préparation.
- Roux J.-L., Konczal A., Bernasconi A., Bhagwat S., de Vreese R., Doimo I., Marini Govigli V., Kašpar J., Kohsaka R., Pettenella D., Plieninger T., Shakeri Z., Shibata S., Stara K., Takahashi T., Torralba M., Tyrväinen L., Weiss G. & Winkel G., 2022 :** Exploring evolving spiritual values of forests in Europe and Asia : A transition hypothesis toward re-spiritualizing forests. *Ecology and Society* 27 (4) : 20. DOI : 10.5751/ES-13509-270420
- Rudow A., 2014 :** Dendrologie-Grundlagen. Unterrichtsunterlagen. EPF Zurich.
- Rudow A., 2016 :** Generhaltung in bestehenden Waldreservaten. *Journal forestier suisse* 167 : 344-347. DOI : 10.3188/szf.2016.0341
- Scherrer D., Ascoli D., Conedera M., Fischer C., Maringer J., Moser B., Nikolova P. S., Rigling A. & Wohlgemuth T., 2022 :** Canopy disturbances catalyse tree species shifts in Swiss forests. *Ecosystems* 25 : 199-214. DOI : 10.1007/s10021-021-00649-1
- Scherrer D., Baltensweiler A., Bürgi M., Fischer C., Stadelmann G. & Wohlgemuth T., 2023 :** Low naturalness of Swiss broadleaf forests increases their susceptibility to disturbances. *Forest Ecology and Management* 532 : 120827. DOI : 10.1016/j.foreco.2023.120827
- Schleppi P., Curtaz F. & Krause K., 2017 :** Nitrate leaching from a sub-alpine coniferous forest subjected to experimentally increased N deposition for 20 years, and effects of tree girdling and felling. *Biogeochemistry* 134 : 319-335. DOI : 10.1007/s10533-017-0364-3
- Schmid S., 2015 :** Produits non ligneux. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf.
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G., 2014 :** La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali* 102 : 13-30.
- Schuldt B., Buras A., Arend M., Vitasse Y., Beierkuhnlein C., Damm A., Gharun M., Grams T. E. E., Hauck M., Hajek P., Hartmann H., Hiltbrunner E., Hoch G., Holloway-Phillips M., Körner C., Larysch E., Lübke T., Nelson D. B., Rammig A., Rigling A., Rose L., Ruehr N. K., Schumann K., Weiser F., Werner C., Wohlgemuth T., Zang C. S. & Kahmen A., 2020 :** A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology* 45 : 86-103. DOI : 10.1016/j.baae.2020.04.003
- Schütz J.-P., 2002 :** Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen. Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV. ETH Zürich, Professur Waldbau. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/waldbau/waldbau-dam/documents/Lehrmaterialien/Skripte/Waldbau/plenterskript-02-03> (dernière consultation : 7.7.2023)
- Seibold S., Bässler C., Brandl R., Büche B., Szallies A., Thorn S., Ulyshen M. D. & Müller J., 2016 :** Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology* 53 : 934-943. DOI : 10.1111/1365-2664.12607
- Seibold S., Brandl R., Buse J., Hothorn T., Schmidl J., Thorn S. & Müller J., 2015 :** Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology* 29 : 382-390. DOI : 10.1111/cobi.12427
- Senf C., Pflugmacher D., Zhiqiang Y., Sebold J., Knorn J., Neumann M., Hostert P. & Seidl R., 2018 :** Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications* 9 : 4978. DOI : 10.1038/s41467-018-07539-6
- Senn-Irlet B., Bieri G. & Egli S., 2007 :** Liste Rouge des espèces menacées en Suisse : Champignons supérieurs. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf. L'environnement pratique n° 0718.

Service de prévention des accidents dans l'agriculture (SPAA), 2023 : Accidents mortels dans l'agriculture. Statistique et communiqué de presse du 25.1.2023. <https://www.bul.ch/fr-ch/actualites/revue-de-presse/244/communique-de-presse>

Shanley P., Pierce A.R., Laird S.A., Binnqüist C.L. & Guariguata M.R., 2016 : From Lifelines to Livelihoods : Non-timber Forest Products into the Twenty-First Century. In : Pancel L., Köhl M.: Tropical Forestry Handbook. Springer, Berlin, Heidelberg. 2713-2760.

Stadler B. & de Sassi C., 2021 : Aktive Biodiversitäts-Fördermassnahmen im Schweizer Wald. Journal forestier suisse 172 : 350-357. DOI : 10.3188/szf.2021.0350

Steiger P., 2014 : Gutachten « Repräsentativität der Waldgesellschaften im Waldreservatsnetz ». Expertise sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Non publié.

Stokland J., Siitonen J. & Jonsson B., 2012 : Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press.

Stroheker S., Forster B. & Queloz V., 2020 : Typographie (Ips typographus) : deuxième taux d'infestation le plus élevé jamais enregistré en Suisse. WSL, Birmensdorf. Protection des forêts : point de la situation n° 1.

Sturrock R., 2012 : Climate change and forest diseases : Using today's knowledge to address future challenges. Forest Systems 21 (2) : 329-336. DOI : 10.5424/fs/2012212-02230

Suva, 2022 : Séries chronologiques des accidents par classe. Classe 42B, Exploitations forestières.

Suz L.M., Bidartondo M.I., van der Linde S. & Kuyper T.W., 2021 : Ectomycorrhizas and tipping points in forest ecosystems. New Phytologist 231 : 1700-1707. DOI : 10.1111/nph.17547

Sverdrup H. & Warfvinge P., 1993 : The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio. Reports in Ecology and Environmental Engineering. Report 2 : 1993. 1-108.

Swisstopo, 2023 : Modèle topographique du paysage de Suisse. www.swisstopo.ch

Taglioferro F., Ferrara A.M., Zotti M., Paravino M., Di Piazza S., Dente F., Rolland B., Tbouret P. & Pierangelo A., 2013 : Funghi e tartufi risorse del bosco. Il progetto Amycoforest : sviluppo di una selvicoltura favorevole alla produzione fungina. 112 p.

Talkner U., Meiwes K.J., Potočić N., Seletković I., Cools N., de Vos B. & Rautio P., 2015 : Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. Annals of Forest Science 72 : 919-928. DOI : 10.1007/s13595-015-0459-8

Temperli C., Blattert C., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Thürig E., 2020 : Trade-offs between ecosystem service provision and the predisposition to disturbances : A NFI-based scenario analysis. Forest Ecosystems 7 : 27. DOI : 10.1186/s40663-020-00236-1

Temperli C., Nikolova P. & Brang P., 2023 : Zukunftsfähigkeit der Baumartenzusammensetzung des Schweizer Waldes. Journal forestier suisse 174 : 76-84. DOI : 10.3188/szf.2023.0076

Thees O., Burg V., Erni M., Bowman G. & Lemm R., 2017 : Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung. Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER BIOSWEET. WSL, Birmensdorf. Rapports du WSL n° 57.

Thees O., Erni M., Burg V., Bowman G., Biollaz S., Damartzis T., Griffin T., Luterbacher J., Maréchal F., Nussbaumer T., Schweizer J., Studer M. & Kröcher O., 2023 : White paper – Energieholz in der Schweiz : Potenziale, Technologieentwicklung, Ressourcenmobilisierung und seine Rolle bei der Energiewende. SCCER BIOSWEET, WSL, Birmensdorf. 34 p.

Thimonier A., Kosonen Z., Braun S., Rihm B., Schleppi P., Schmitt M., Seidler E., Waldner P. & Thöni L., 2019 : Total deposition of nitrogen in Swiss forests : Comparison of assessment methods and evaluation of changes over two decades. Atmospheric Environment 198 : 335-350. DOI : 10.1016/j.atmosenv.2018.10.051

- Thrippleton T., Blattert C., Bont L. G., Mey R., Zell J., Thürig E. & Schweier J., 2021 :** A multi-criteria decision support system for strategic planning at the Swiss forest enterprise level : Coping with climate change and shifting demands in ecosystem service provisioning. *Frontiers in Forests and Global Change* 4 : 693020. DOI : 10.3389/ffgc.2021.693020
- Tresch S., Roth T., Schindler C., Hopf S.-E., Remund J. & Braun S., 2023 :** The cumulative impacts of droughts and N deposition on Norway spruce (*Picea abies*) in Switzerland based on 37 years of forest monitoring. *Science of the Total Environment* 892 : 164223. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2023.164223
- UNESCO, 2021 :** Convention du patrimoine mondial. <https://www.unesco.ch/culture/patrimoine-mondial/?lang=fr>
- Vitasse Y., Schneider L., Rixen C., Christen D. & Rebetez M., 2018 :** Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. *Agricultural and Forest Meteorology* 248 : 60-69. DOI : 10.1016/j.agrformet.2017.09.005
- Waldner P., Braun S. & Rihm B., 2019 :** Schlussbericht des Projekts « Nitrate leaching risk mapping (NitLeach II) ». WSL, Birmensdorf ; IAP, Witterswil ; Meteotest, Bern. 46 p. DOI : 10.3929/ethz-b-000585539
- Walker D. & Artho J., 2018 :** Les propriétaires forestiers en Suisse. Étude sur les relations des propriétaires publics et privés avec leur forêt. OFEV, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1814.
- Wermelinger B., Düggelein C., Freitag A., Fitzpatrick B. & Risch A. C., 2019 :** Les fourmis des bois – biologie et répartition en Suisse. WSL, Birmensdorf. Notice pour le praticien n° 63.
- Wettmann O., 2022 :** Solution par branche Forêt. Soleure. www.sylvatop.ch
- Wiesmeier M., Prietzel J., Barthold F., Spörlein P., Geuss U., Hangen E., Reischl A., Schilling B., von Lützw M. & Kögel-Knabner I., 2013 :** Storage and drivers of organic carbon in forest soils of southeast Germany (Bavaria) – Implications for carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 295 : 162-172. DOI : 10.1016/j.foreco.2013.01.025
- Wilkes-Allemann J., Rolf A. & Geissler E., 2022 :** Umsetzung der Massnahme 1.3. « Der Bund fördert das Bereitstellen von Informationen über die verschiedenen Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Schweizer Wäldern ». Schlussbericht. Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, Zollikofen. 31 p.
- Wohlgemuth T. & Kramer K., 2015 :** Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. *Journal forestier suisse* 166 : 135-146. DOI : 10.3188/szf.2015.0135
- Wolfslehner B., Prokofieva I. & Mavsar R., 2019 :** Non-wood forest products in Europe : Seeing the forest around the trees. What Science Can Tell Us 10. European Forest Institute (EFI).
- Wong J. L. G. & Wiersum F. K., 2019 :** A spotlight on NWFPs in Europe. In : Wolfslehner B., Prokofieva I., Mavsar R. : Non-wood forest products in Europe : Seeing the forest around the trees. What Science Can Tell Us 10. European Forest Institute (EFI).
- Zimmermann W., 2015 :** Soutien de l'économie forestière par la Confédération. In : Rigling A., Schaffer H.-P. : Rapport forestier 2015. État et utilisation de la forêt suisse. OFEV, Berne ; WSL, Birmensdorf. 108-109.
- Zischg A. P., Frehner M., Gubelmann P., Augustin S., Brang P. & Huber B., 2021 :** Participatory modelling of upward shifts of altitudinal vegetation belts for assessing site type transformation in Swiss forests due to climate change. *Applied Vegetation Science* 24 : e12621. DOI : 10.1111/avsc.12621

Auteurs

- **Abegg** Meinrad, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Allgaier Leuch** Barbara, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Augustin** Sabine, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Bebi** Peter, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Beyeler** Stefan, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Biolley** Matthias, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Blaser** Simon, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Bolgè** Roberto, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Bollmann** Kurt, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Bont** Leo G., Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Braun** Sabine, Institut de biologie végétale appliquée IAP, Witterswil
- **Bugmann** Harald, École polytechnique fédérale de Zurich EPFZ
- **Bürgi** Matthias, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Bütikofer** Jacqueline, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Büttler** Rita, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Cioldi** Fabrizio, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Conedera** Marco, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **De Sassi** Claudio, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Dirac Ramohavelo** Clémence, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Etzold** Sophia, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Ferretti** Marco, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Fischer** Christoph, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Gessler** Arthur, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Ginzler** Christian, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Gossner** Martin, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Grendelmeier** Alex, Station ornithologique suisse, Sempach
- **Gross** Andrin, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Grossiord** Charlotte, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf, et École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL
- **Gugerli** Felix, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hagedorn** Frank, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hegetschweiler** Tessa, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hobi** Martina, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hug** Christian, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Marcel, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Stefan, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Husstein** Michael, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Jenni** Robert, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Jimmy** Gerda, waldstark GmbH, Uster
- **Kammerhofer** Alfred W., Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Knoblauch** Aline, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Kunnala** Marjo, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
- **Kupferschmid** Andrea D., Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
- **Lachat** Thibault, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf, et Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, Zollikofen

-
- **Lange** Benjamin, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Lauper** Bruno, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Losey** Stéphane, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Maineri** Cristiana, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Meusburger** Katrin, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Mollet** Pierre, Station ornithologique suisse, Sempach
 - **Moser** Barbara, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Murbach** Franz, Office fédéral de la statistique OFS, Neuchâtel
 - **Nikolova** Petia, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Ohmura** Tamaki, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Olschewski** Roland, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Peter** Martina, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Pezzatti** Gianni B., Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Pfund** Jean-Laurent, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Queloz** Valentin, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Reinhard** Michael, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Reinhardt** Miriam, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Relstab** Christian, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Rigling** Andreas, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf et École polytechnique fédérale de Zurich EPFZ
 - **Rogiers** Nele, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Salak** Boris, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Saurer** Matthias, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Sautter** Michael, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Schafer** Achim, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Schaub** Marcus, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Scherrer** Daniel, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Schneider** Olivier, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Schulz** Tobias, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Schweier** Janine, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Stofer** Silvia, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Strauss** Alexandra, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Streit** Kathrin, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Stroheker** Sophie, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Suter** Thalmann Claire-Lise, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Temperli** Christian, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Thees** Oliver, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Thimonier** Anne, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Thrippleton** Timothy, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Thürig** Esther, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Tresch** Simon, Institut de biologie végétale appliquée IAP, Witterswil
 - **Vollenweider** Pierre, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Waldner** Peter, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf
 - **Wolf** Oliver, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne
 - **Zimmermann** Stephan, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf