Gestion durable des forêts de protection (NaiS)

Aide à l’exécution pour les soins sylvicoles et le contrôle des résultats. État 2024

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l’environnement OFEV

Gestion durable des forêts de protection (NaiS)

Aide à l’exécution pour les soins sylvicoles et le contrôle des résultats. État 2024

Publié par l’Office fédéral de l’environnement (OFEV)
Berne, 2024

Impressum

Valeur juridique
La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

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

Personnes impliquées édition actualisée en 2024, Aide à l'exécution NaiS
Kathrin Kühne, Benjamin Lange, Stéphane Losey

Accompagnement
Alessandra Bottero, Thomas Brandes, Harald Bugmann, Jean-Christophe Clivaz, Monika Frehner, Thomas Girod, Urs Hunziker, Manuel Lauber, Andreas Lötscher, Felix Lüscher, Luca Plozza, Jean-Jacques Thormann, Samuel Zürcher, Andreas Bernasconi (chapitre planification en forêt protectrice)

Première édition en 2005, Instructions pratiques NaiS
Auteurs
Monika Frehner, Brächt Wasser, Raphael Schwitter

Rédaction et accompagnement
Jean-Jacques Thormann, André Wehrli ; Harald Bugmann, Werner Frey, Walter Schönenberger, Jürg Walcher

Instructions 1996, Soins minimaux pour les forêts à fonction protectrice
Auteurs
Brächt Wasser, Monika Frehner

Direction, rédaction et accompagnement
Ernst Zeller ; Marco Delucchi ; Hans-Ulrich Frey, Ernst Ott

Graphiques
zeichenfabrik

Mise en page
Funke-Lettershop AG

Photo de couverture
Forêt protectrice au-dessus de Coire
© Natalie Boo/Aura/BAFU

Téléchargement au format PDF
www.bafu.admin.ch/uv-2409-f
Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication existe aussi en allemand et en italien.
La langue originale est l'allemand.

1ère édition actualisée 2024. Première édition 2005.

© OFEV 2024

Table des matières

Abstracts 5

Avant-propos 6

1 Introduction 7
1.1 Vue d'ensemble 7
1.2 Naissance et développement du projet NaiS 8
1.3 La forêt protectrice en tant qu'élément de la gestion intégrée des risques 9

2 Bases légales 10
2.1 Législation sur les forêts (LFo et OFo) 10
2.2 Principes relatifs aux subventions dans le cadre des conventions-programmes 11

3 Que signifie un entretien durable des forêts protectrices ? 12
3.1 Entretien des forêts protectrices et effet de protection 12
3.2 Sept principes 14
3.3 Informations complémentaires 15

4 Déterminer la nécessité d'intervenir et les mesures directement sur la surface d'intervention 18
4.1 Principe 18
4.2 Profils d'exigences 19
4.3 Processus de décision pour évaluer la nécessité d'intervenir 23

5 Planification en forêt protectrice 24
5.1 Introduction 24
5.2 Exigences posées à la planification en forêt protectrice 25
5.3 Bases et recommandations 26

6 Contrôle des résultats 29
6.1 Vue d'ensemble 29
6.2 Contrôle de l'exécution 31
6.3 Analyse des effets 32
6.4 Contrôle de l'atteinte des objectifs 36
6.5 Analyse des objectifs 37

7 Remerciements 40

8 Bibliographie 41

Abstracts

Protection forest is Switzerland's primary organic measure to protect against natural hazards. This enforcement aid describes how protection forest can achieve its protective function long term, with minimum intervention. Firstly, the aims and fundamentals of protection forest management are described. The principle upon which actions and measures are defined is then explained. This is, in turn, determined by requirements arising from the natural hazards and the natural site conditions. Climate change factors are also considered, so that protection forest can continue to fulfil its function even under changing climatic conditions. The final part addresses planning and performance monitoring in protection forest.

Keywords:
Sustainability, protection forest management, natural hazard risk management, performance monitoring

En Suisse, la forêt protectrice est la principale mesure biologique dans le domaine de la gestion des risques liés aux dangers naturels. La présente aide à l'exécution montre comment garantir l'efficacité durable des forêts de protection avec le minimum de moyens. Dans un premier temps, la présente aide à l'exécution décrit les objectifs et les principes de l'entretien des forêts de protection. Dans un deuxième temps, elle expose le principe sur la base duquel déterminer la nécessité d'intervenir et les mesures. Cette approche s'oriente sur les exigences posées par les dangers naturels et les conditions de station naturelles. Le changement climatique est également pris en compte afin que la forêt protectrice puisse, à l'avenir également, remplir sa fonction en dépit de conditions climatiques modifiées. La dernière partie traite la planification en forêt protectrice et le contrôle des résultats.

Mots-clés :
Gestion durable, gestion des forêts protectrices, gestion des dangers naturels et des risques, contrôle des résultats

Der Schutzwald ist in der Schweiz die wichtigste biologische Massnahme zum Schutz vor Naturgefahren. Die vorliegende Vollzugshilfe zeigt auf, wie mit möglichst geringem Pflegeaufwand eine nachhaltige Schutzwirkung erreicht werden kann. Im ersten Teil werden die Ziele und Grundsätze der Schutzwaldpflege beschrieben. Anschliessend wird das Prinzip zur Herleitung des Handlungsbedarfs und der Massnahmen erläutert. Dieses orientiert sich an den Anforderungen, die sich aus den Naturgefahren und den natürlichen Standortverhältnissen ergeben. Dabei wird auch der Klimawandel berücksichtigt, damit der Schutzwald seine Funktion auch unter veränderten klimatischen Bedingungen erfüllen kann. Der letzte Teil befasst sich mit Planung und Erfolgskontrolle im Schutzwald.

Stichwörter:
Nachhaltigkeit, Schutzwaldpflege, Naturgefahren-Risikomanagement, Erfolgskontrolle

In Svizzera, il bosco di protezione è la misura biologica più importante per gestire i rischi derivanti dai pericoli naturali. Il presente aiuto all'esecuzione spiega come ottenere un bosco di protezione durevolmente efficace con un minimo di cure. La prima parte descrive l'obiettivo perseguito e i principi fondamentali dalla gestione del bosco di protezione. In seguito è presentato il principio per determinare la necessità d'intervento e le relative misure. Questo approccio tiene conto delle esigenze stabilite in funzione del pericolo naturale e dalle condizioni stazionali naturali. Si tiene conto anche dei cambiamenti climatici, affinché il bosco di protezione possa continuare a svolgere la sua funzione anche in futuro, nonostante il cambiamento delle condizioni climatiche. L'ultima parte riguarda la pianificazione nel bosco di protezione e il controllo dell'efficacia.

Parole chiave:
Sostenibilità, gestione del bosco di protezione, gestione dei pericoli naturali e del rischio, controllo dell'efficacia

Avant-propos

Environ la moitié des forêts suisses protègent la population contre les dangers naturels gravitaires tels que les glisse-ments de terrain, les laves torrentielles, les avalanches ou les chutes de pierres. Depuis environ 150 ans, la législation forestière met l'accent non seulement sur la protection de la surface forestière, mais aussi sur l'importance de la forêt pour la protection contre les dangers naturels. Principale mesure de protection sur les plans tant biologique que spatial, la forêt protectrice est un élément crucial de la gestion intégrée des risques. Grâce à elle, il est possible de protéger des zones urbanisées et des voies de communication à grande échelle et à un coût nettement inférieur à celui de mesures techniques. Elle revêt donc une importance vitale pour de nombreuses régions.

Selon la loi sur les forêts et dans l'esprit du développement durable, la forêt doit être gérée de manière à pouvoir remplir ses fonctions à long terme et sans restriction. Lorsque la fonction de protection l'exige, les cantons veillent à un entretien minimal. La présente aide à l'exécution concrétise la notion d'entretien minimal des forêts de protection. Elle se fonde sur les bases actuelles de NaiS, qui ont été élaborées il y a bientôt 30 ans et qui ont fait leurs preuves. La gestion des forêts de protection s'oriente depuis toujours en fonction des conditions de station naturelles et exploite ainsi le potentiel écologique des forêts au profit de l'effet protecteur.

Aujourd'hui, nous faisons face à de nombreux défis dans le domaine forestier. En particulier, les effets des changements climatiques se feront sentir et les processus de dangers naturels seront en partie modifiés. Il est donc important de gérer les forêts de protection de manière à ce qu'elles puissent remplir leur fonction égale-ment dans des conditions climatiques modifiées. Il faut par exemple décider aujourd'hui avec quels arbres l'effet protecteur sera assuré dans 100 ans. La présente version de NaiS tient compte de ces évolu-tions. Elle a été actualisée en étroite collaboration avec des représentants de l'administration ainsi que des milieux de la recherche et de la pratique.

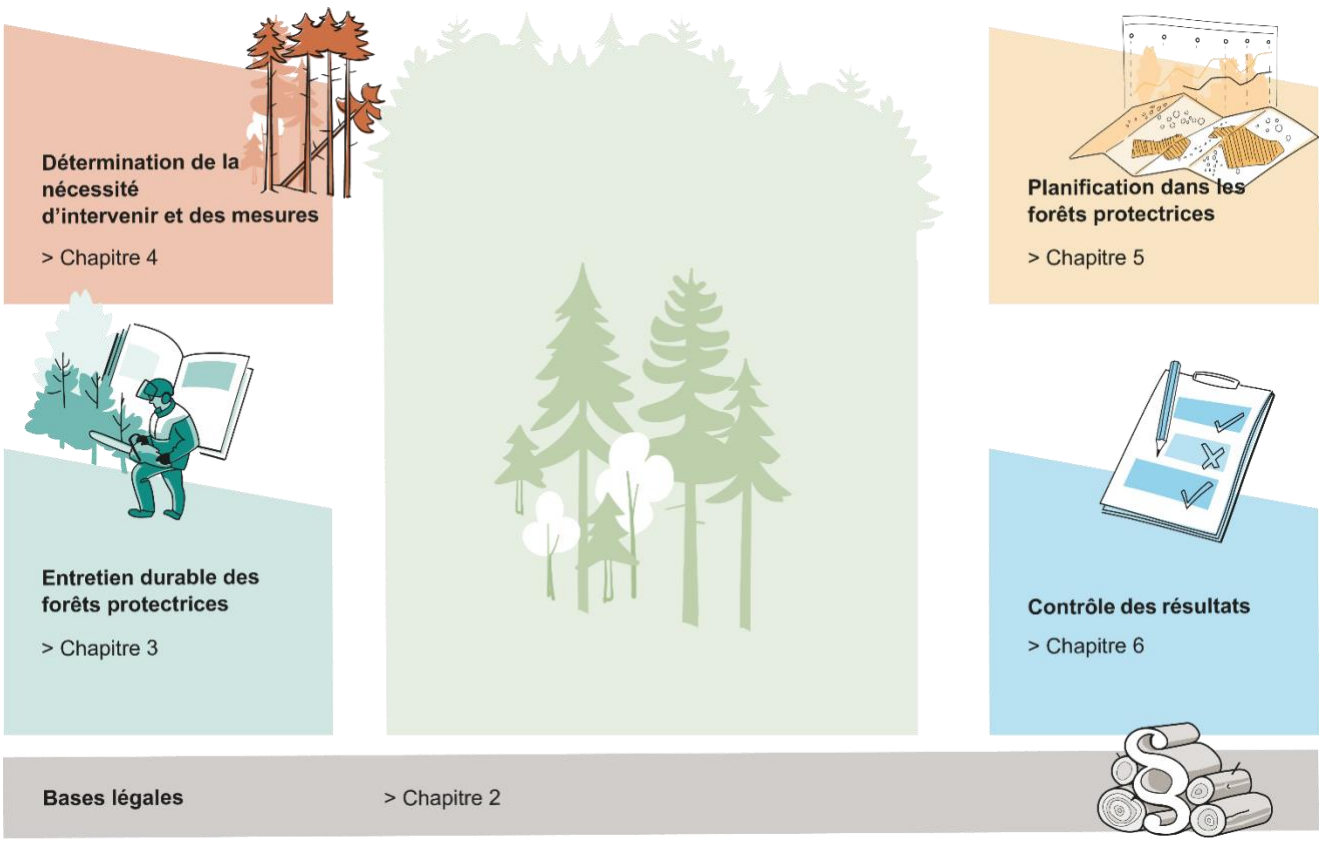
Cette aide à l'exécution a pour but d'aider les professionnels à réaliser leurs diverses tâches dans le domaine de l'entretien durable des forêts de protection, de manière efficace, ciblée et orientée vers l'avenir. L'approche NaiS ne peut toutefois fonctionner que si elle est mise en œuvre par des gestionnaires compétents connais-sant les conditions locales. Une bonne collaboration entre la Confédération, les cantons, les praticiens fores-tiers et les propriétaires de forêts reste donc essentielle. En effet, l'expertise et l'engagement de tous les ac-teurs sont nécessaires pour garantir à long terme l'effet protecteur de la forêt et permettre aux générations futures d'en profiter également.

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

1 Introduction

1.1 Vue d'ensemble

La forêt protectrice, en tant que mesure biologique pour la gestion des risques liés aux dangers naturels, est un élément important de la **gestion intégrée des risques.**	Section 1.3
Selon la **législation sur les forêts,** des soins minimums sont à garantir là où la sauvegarde de la fonction protectrice l'exige.	Chapitre 2
Cette aide à l'exécution est un instrument à l'usage des praticiens, dont l'objectif est de garantir **l'efficacité durable des forêts protectrices.** Les soins aux forêts protectrices respectent les sept principes énoncés dans le projet NaiS.	Chapitre 3
La gestion des forêts de protection est essentielle pour garantir l'efficacité durable des forêts protectrices, sachant qu'il existe un lien direct entre l'état de la forêt et la réduction des risques. Cette relation permet d'établir des **profils d'exigences** garantissant le meilleur effet protecteur à long terme en fonction des dangers naturels et des conditions de station.	Sections 4.1 et 4.2
La **nécessité d'intervenir et les mesures efficaces et raisonnables à mettre en œuvre** sont déterminées **sur la surface d'intervention** grâce à une comparaison entre l'état actuel et attendu dans le futur et les profils d'exigences. L'évolution naturelle de la forêt ainsi que l'influence du changement climatique attendu sont également prises en considération.	Sections 4.3 et 4.4 ; Formulaire NaiS
La mise en œuvre des mesures s'appuie sur les résultats de la détermination de la nécessité d'intervenir. Au niveau stratégique, des bases de **planification** appropriées sont indispensables pour orienter les soins sylvicoles vers les objectifs fixés.	Chapitre 5
Le **contrôle des résultats** est un facteur important pour garantir l'efficacité durable des forêts protectrices et assurer la qualité des soins. Il comprend quatre niveaux : le contrôle de l'exécution, l'analyse des effets sur des placettes témoins, le contrôle de l'atteinte des objectifs et l'analyse de ces derniers.	Chapitre 6



1.2 Naissance et développement du projet NaiS

La loi du 4 octobre 1991 sur les forêts (LFo, RS 921.0) oblige les cantons à garantir des soins minimums là où la sauvegarde de la fonction protectrice l'exige (art. 20, al. 5, LFo). Afin de soutenir l'exécution, l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage[1] a élaboré en 1996 des instructions parues sous le titre « Soins minimaux pour les forêts à fonction protectrice ». Cette publication a rapidement conquis les praticiens, qui l'ont utilisée pour la planification et la réalisation de projets dans le domaine de la sylviculture. Par la suite, les contenus de la publication ont été complétés, améliorés et développés dans le cadre du projet « Gestion durable des forêts de protection – NaiS » (Frehner et al. 2005/2009) en vue de proposer aux praticiens et à l'administration un instrument garantissant l'efficacité durable des forêts protectrices avec le minimum de moyens.

La présente édition consiste en une actualisation de cet instrument publié sous la forme d'une aide à l'exécution avec plusieurs parties, publiées dans la série « L'environnement pratique ». Cette aide à l'exécution explique les principes des soins aux forêts protectrices. Elle décrit par ailleurs les profils d'exigences sylvicoles qui peuvent être établis en fonction des types de stations forestières et des dangers naturels, sachant qu'il existe un lien direct entre l'état de la forêt et son effet protecteur contre ces derniers. Elle explique ensuite comment déterminer la nécessité d'intervenir, directement sur la surface d'intervention, et elle détaille les éléments de la planification et du contrôle des résultats. Cette aide à l'exécution reprend dans une large mesure la partie principale de l'ancienne publication de 2005, mais les contenus ont été mis à jour et complétés partout où cela était nécessaire. La prise en considération du changement climatique dans l'entretien des forêts protectrices en général et dans la détermination de la nécessité d'intervenir a notamment été complétée. De plus, la planification forestière ne repose plus sur les placettes témoins ; elle est désormais traitée séparément ; cela correspond d'ailleurs plus à la pratique actuelle qui utilise les placettes témoins principalement pour l'analyse des effets et seulement de façon marginale pour la planification en forêt protectrice.

Les nombreuses bases qui, jusqu'ici, avaient été approfondies dans les dix annexes à la publication principale sont désormais présentées sous forme de modules et mises à jour[2]. Les annexes précédentes conservent leur validité aussi longtemps qu'elles ne sont pas actualisées. La mise à jour des contenus a pour but de préserver les connaissances documentées dans le cadre de NaiS tout en les enrichissant grâce à des résultats de recherche récents et des expériences issues de la pratique. Une analyse régulière des objectifs devrait également permettre à NaiS de correspondre à l'état actuel des connaissances, aujourd'hui comme demain. Grâce à la collaboration d'acteurs de la recherche, de l'enseignement et de la pratique, NaiS est largement accepté en tant qu'instrument pour les soins aux forêts protectrices et garantit une utilisation efficace des fonds publics.

1 Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage jusqu'en 2006

2 La liste des modules sous *www.bafu.admin.ch/uw-2409-f*

1.3 La forêt protectrice en tant qu'élément de la gestion intégrée des risques

Aujourd'hui en Suisse, la protection contre les dangers naturels s'effectue selon le concept de la gestion intégrée des risques. Cela recouvre l'ensemble des mesures et des méthodes grâce auxquelles le niveau de sécurité recherché devrait être atteint. La gestion intégrée des risques est un modèle global pour la gestion durable des dangers naturels, qui comprend les tâches et activités suivantes : relevé périodique des risques (« que peut-il se passer ? »), évaluation de leur acceptation (« qu'est-ce qui est acceptable ? »), définition des besoins d'intervention et des priorités pour le pilotage de l'évolution des risques (« que faut-il faire ? »). Ces activités s'accompagnent d'une surveillance continue de tous les facteurs de risque et d'un dialogue actif sur les risques.

La forêt protectrice est un élément à prendre en compte aussi bien dans l'évaluation des dangers, dans le relevé et l'évaluation des risques que dans la planification des mesures. L'effet des mesures de protection biologiques – au nombre desquelles figure la forêt – est inclus dans l'évaluation des dangers[3]. L'effet protecteur de la forêt peut être quantifié et les risques relevés et évalués. Lors du pilotage dans le cadre de la gestion intégrée des risques, différentes mesures de protection sont planifiées intégralement et combinées de manière optimale. Près de la moitié des forêts suisses, couvrant environ un sixième du territoire national, sont des forêts protectrices – qui constituent de ce fait la principale mesure de protection biologique. Avec les mesures organisationnelles, techniques et relatives à l'aménagement du territoire, les forêts protectrices font partie intégrante de la prévention des dangers naturels[4]. Dans ce contexte, leur entretien s'entend comme l'entretien de la *mesure de protection Forêt*.

La forêt protectrice agit sur une grande surface et protège simultanément contre différents types de dangers naturels. Comparée aux mesures techniques, elle est souvent moins coûteuse. En tant qu'écosystème naturel, elle est toutefois liée à des processus naturels qui varient dans l'espace et dans le temps si bien que, contrairement aux mesures techniques, elle ne peut pas toujours être évaluée par rapport à un niveau de sécurité prédéfini.

La délimitation des forêts protectrices se fait en fonction du potentiel de dangers (aléas), du potentiel de dégâts (enjeux) et de l'effet potentiel de la forêt. Elle était délimitée par les cantons, sur la base de critères harmonisés[5] Elle ne fait pas l'objet de la présente publication.

3 cf. méthode PROTECT Praxis (OFEV, en cours d'élaboration)

4 cf. « Gestion intégrée des risques liés aux dangers naturels gravitaires » (OFEV, en cours d'élaboration)

5 Forêt protectrice en Suisse – Du projet SilvaProtect-CH à la forêt protectrice harmonisée, cf. Losey et Wehrli 2013

2 Bases légales

2.1 Législation sur les forêts (LFo et OFo[6])

Articles de la législation fédérale pertinents

Art. 77 Cst[7].	**Forêts** [1] La Confédération veille à ce que les forêts puissent remplir leurs fonctions protectrice, économique et sociale.
Art. 1 LFo	**But** [1] La présente loi a pour but : … c. de garantir que les forêts puissent remplir leurs fonctions, notamment leurs fonctions protectrice, sociale et économique (fonctions de la forêt) ; … [2] Elle a en outre pour but de contribuer à protéger la population et les biens d'une valeur notable contre les avalanches, les glissements de terrain, l'érosion et les chutes de pierres (catastrophes naturelles).
Art. 20 LFo	**Principes de gestion** 1 Les forêts doivent être gérées de manière que leurs fonctions soient pleinement et durablement garanties (rendement soutenu). [2] Les cantons édictent les prescriptions nécessaires en matière d'aménagement et de gestion, en tenant compte des exigences de l'approvisionnement en bois, d'une sylviculture proche de la nature et de la protection de la nature et du paysage. [5] Là où la sauvegarde de la fonction protectrice l'exige, les cantons doivent garantir des soins minimums.
Art. 19 OFo	**Mesures sylvicoles** [1] Sont considérés comme mesures sylvicoles tous les soins culturaux contribuant à la conservation ou à la restauration de la stabilité ou de la qualité du peuplement. [4] Des mesures de soins minimums pour garantir la fonction protectrice sont des interventions se limitant à assurer durablement la stabilité du peuplement ; les bois abattus sont laissés ou utilisés sur place, s'il n'en résulte aucun danger.
Art. 28*a* LFo	**Mesures à prendre face aux changements climatiques** La Confédération et les cantons prennent les mesures qui permettent à la forêt de remplir ses fonctions durablement, même dans un contexte de changements climatiques.
Art. 18 OFo	**Planification forestière** [1] Les cantons édictent des prescriptions pour la planification de la gestion forestière. Celles-ci fixeront en particulier : a. les sortes de plans et leur contenu ; b. les responsables de la planification ; c. les buts de la planification ; d. la manière d'obtenir et d'utiliser les bases de planification ; e. la procédure de planification et de contrôle ; f. le réexamen périodique des plans. [2] Dans les documents de planification forestière, on consignera au moins les conditions de station, les fonctions de la forêt ainsi que leur importance.
Art. 27 LFo	**Mesures des cantons** [1] Sous réserve de l'art. 26, les cantons prennent des mesures destinées à prévenir et à réparer les dégâts qui peuvent compromettre gravement la conservation des forêts et leurs fonctions. Ils surveillent en particulier les organismes nuisibles sur leur territoire. [2] Ils édictent des prescriptions visant à prévenir une prolifération nuisible du gibier ; ces prescriptions doivent permettre de garantir la conservation des forêts, en particulier leur régénération naturelle par des essences adaptées à la station, sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures pour protéger les arbres. Lorsque cela n'est pas possible, les cantons prennent des mesures pour éviter les dommages causés par le gibier.
Art. 31 OFo	**Dégâts causés par le gibier** [1] Si des dégâts causés par le gibier se produisent malgré la régulation du cheptel, on établira une stratégie pour leur prévention. [2] Celle-ci comprendra des mesures forestières, des mesures cynégétiques, des mesures pour améliorer et tranquilliser les habitats naturels, ainsi qu'un contrôle des résultats. [3] Elle fera partie intégrante de la planification forestière.

6 Ordonnance du 30 novembre 1992 sur les forêts (OFo, RS 921.01)

7 Constitution (Cst., RS 101)

2.2 Principes relatifs aux subventions dans le cadre des conventions-programmes

Sur la base des conventions-programmes, la Confédération alloue aux cantons des indemnités globales pour les mesures nécessaires afin que les forêts protectrices puissent remplir leur fonction (art. 37 LFo). S'agissant de l'entretien des forêts protectrices, il est primordial de tenir compte de l'exécution NaiS. En ce sens, cette dernière est également un instrument contribuant à l'utilisation efficace des fonds publics. Les principes de subventionnement et les bases légales nécessaires à la mise en œuvre d'une convention-programme sont définis dans les explications spécifiques correspondantes[8].

8 Manuel sur les conventions-programmes dans le domaine de l'environnement, OFEV 2023

3 Que signifie un entretien durable des forêts protectrices ?

La forêt protège la population et les biens d'une valeur notable contre les dangers naturels gravitaires, en ce qu'elle prévient les processus de dangers ou réduit les risques qui y sont liés. La LFo a notamment pour but de garantir que les forêts puissent **remplir durablement et pleinement leur fonction protectrice.** La mise en œuvre de l'entretien de ces forêts est du ressort des cantons, qui assurent des **soins minimums aux forêts protectrices** là où c'est nécessaire. Sont considérés comme des soins minimums, au sens du message du 29 juin 1988 concernant la LFo[9], toutes les interventions qui contribuent à augmenter ou à maintenir la stabilité des peuplements de forêts protectrices.

La présente aide à l'exécution concrétise les soins requis pour garantir l'efficacité durable des forêts protectrices avec le minimum de moyens. Cela ne signifie pas que les soins doivent être les moins coûteux possible à court terme : l'objectif est de maintenir ou de garantir la fonction protectrice de la forêt ou la stabilité des peuplements de la manière la plus efficiente, efficace et durable possible. S'il est tenu compte des principes et des recommandations formulés dans les chapitres suivants, on peut partir du principe que les forêts protectrices bénéficient durablement de soins minimums.

3.1 Entretien des forêts protectrices et effet de protection

Étant donné qu'il existe un lien direct entre la réduction des risques et l'état de la forêt, les soins aux forêts protectrices visent à amener ou à maintenir celles-ci dans un état susceptible d'offrir le meilleur effet à long terme sur les processus de dangers et de réduire autant que possible le risque d'événements dommageables.

L'état de la forêt visé dépend des connaissances de l'effet de la forêt sur le danger naturel considéré et sur les conditions de station locales. Sur la base de ces connaissances, des profils d'exigences sont créés, lesquels décrivent des états de la forêt structurellement riches dont on peut attendre une protection hautement et durablement efficace. Chaque profil d'exigences s'articule autour des quatre caractéristiques « mélange », « structure », « éléments stabilisateurs » et « rajeunissement » (cf. Fig. 1). Certaines de ces caractéristiques déterminent avant tout l'effet protecteur *actuel* de la forêt, tandis que d'autres en garantissent la pérennité (cf. encadré ci-dessous). Les soins aux forêts protectrices conformes à NaiS s'alignent sur les principes de la sylviculture proche de la nature. Les mesures devraient être réalisées au bon endroit et au bon moment, c'est-à-dire lorsqu'un effet de protection optimal peut être obtenu avec le moins de soins possible. Il est donc important non seulement de procéder à une évaluation détaillée des surfaces d'intervention individuelles, mais aussi de procéder préalablement – au niveau stratégique – à une planification et une priorisation dûment fondées, afin de pouvoir disposer d'une vue d'ensemble des forêts protectrices avec des indications sur leur état.

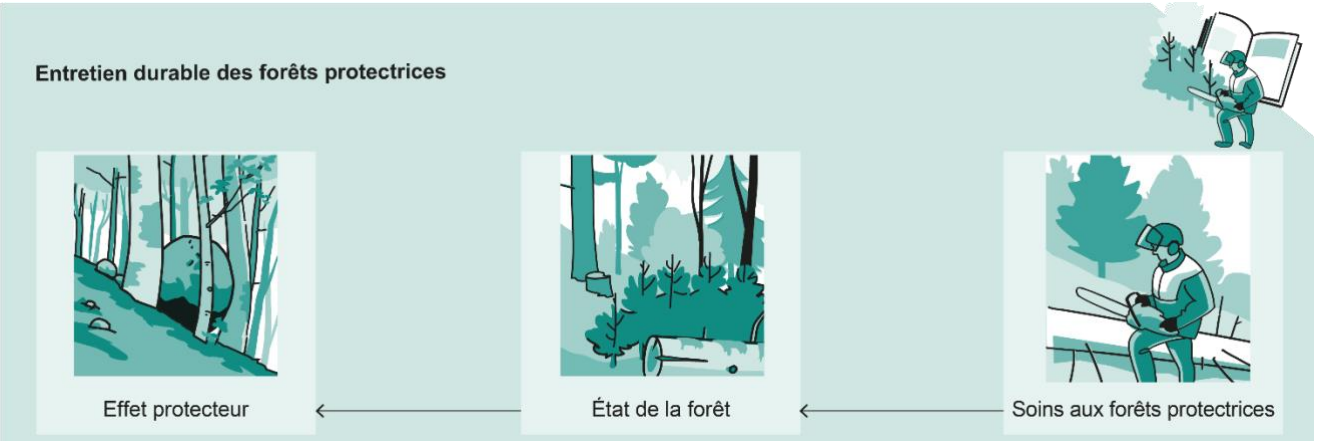
Grâce au contrôle des résultats, il faut ensuite s'assurer que les soins aux forêts protectrices sont efficients et efficaces. Ce contrôle comprend quatre niveaux : le contrôle de l'exécution, l'analyse des effets, le contrôle de l'atteinte des objectifs et l'analyse des objectifs. Faisant le lien entre la planification, la mise en œuvre et le

9 Message du 29 juin 1988 concernant la loi fédérale sur la conservation des forêts et la protection contre les catastrophes naturelles (loi sur les forêts, LFo), p. 187

pilotage des mesures, le contrôle des résultats contribue à l'assurance continue de la qualité des soins. À tous les niveaux, il aide les responsables à améliorer leurs compétences spécialisées. Ainsi, le développement de la forêt peut être orienté dans la direction souhaitée avec le moins de dépenses possible.

Fig. 1 : Soins aux forêts et effet protecteur

Le but des soins apportés aux forêts est de garantir un effet protecteur le plus élevé et durable possible. Or l'effet protecteur dépend de l'état de la forêt : il augmente à mesure que la forêt se porte bien. Les profils d'exigences décrivent les états forestiers associés à un effet protecteur élevé. Les soins aux forêts protectrices conformes à NaiS visent à amener ou à maintenir celles-ci dans un état susceptible d'offrir une protection efficace avec le moins de moyens possible.



Garantir durablement l'effet protecteur

Les forêts ne peuvent remplir durablement leur fonction protectrice contre les dangers naturels que si cette dernière est garantie non seulement aujourd'hui (effet de protection *actuel*), mais également demain et pour longtemps (effet de protection *durable*).

Les exigences qui garantissent **l'effet de protection *actuel*** d'une forêt touchent principalement à sa structure (p. ex. degré de recouvrement et longueur des trouées dans une forêt protégeant contre les avalanches) et, selon le type de danger naturel, à son mélange d'essences (p. ex. proportion de résineux à feuillage persistant dans une forêt protégeant contre les avalanches). À l'inverse, **l'effet de protection *durable*** est principalement garanti par le mélange d'essences, la répartition des diamètres à hauteur de poitrine (structure verticale), les éléments stabilisateurs et le rajeunissement. Ces caractéristiques sont déterminantes pour maintenir durablement l'effet de protection, réduire la vulnérabilité aux perturbations et assurer un renouvellement continu des forêts.

Éviter les déficits de protection temporaires grâce à des soins réguliers

Pour que les forêts protectrices puissent remplir durablement leur fonction de protection, elles devraient être **régulièrement entretenues** et rajeunies. Sinon, le risque est grand que leur structure, certes efficace aujourd'hui, ne soit pas stable dans la durée, comme cela peut être le cas par exemple si une forêt à un seul étage et n'a pas de rajeunissement. Selon la situation de départ, les soins apportés aux forêts protectrices peuvent ainsi ne pas déployer immédiatement l'effet souhaité et on peut observer, juste après l'intervention, une **brève diminution** de l'effet de protection actuel ou de la résistance aux perturbations (p. ex. réduction du nombre de tiges, déstabilisation pouvant conduire à des dégâts à la suite de tempêtes ou en cas d'attaque de bostryches). En raison de la croissance lente des arbres, l'effet protecteur du peuplement restant ne peut être amélioré que sur le moyen ou le long terme, si bien qu'il faut trouver des compromis entre la réduction à court terme de l'effet de protection actuel et **l'amélioration à long terme de l'effet protecteur durable**. Dans l'idéal, l'effet de protection souhaité devrait être garanti sans discontinuité grâce à des interventions régulières plutôt faibles, sans concéder de périodes pendant lesquelles la protection de la forêt est insuffisante. Si, dans un tel cas, les risques liés aux dangers naturels sont trop élevés, il est conseillé de vérifier si l'effet de protection peut et doit être augmenté temporairement grâce à des mesures supplémentaires (p. ex. des trépieds ou des mesures techniques).

3.2 Sept principes

L'art. 20 LFo dispose que les forêts doivent être gérées de manière que leurs fonctions soient pleinement et durablement garanties. Les cantons garantissent des soins minimums là où la sauvegarde de la fonction protectrice l'exige. Dans les forêts protectrices, tous les soins, quel que soit leur financement, devraient respecter les sept principes suivants :

1. **Être orientés vers la protection**
   Les soins aux forêts protectrices visent en premier lieu à réduire les risques liés aux dangers naturels.
2. **Être effectués au bon moment et au bon endroit**
   Les surfaces d'intervention et les mesures sont choisies de telle sorte que la forêt puisse durablement protéger contre les dangers naturels et que les risques pour l'homme ou les biens matériels soient réduits. Les soins sont réalisés au moment et à l'endroit où ils permettent d'atteindre un effet optimal de la manière la plus efficiente et efficace possible.
3. **Être basés sur les processus naturels**
   Les soins effectués dans les forêts de protection sont adaptés aux conditions de station. La biodiversité en forêt pose la base pour que la forêt protectrice puisse remplir sa fonction de manière optimale. Il est ainsi possible d'exploiter tout le potentiel de l'évolution naturelle de la forêt.
4. **En tenant compte de l'évolution des conditions climatiques**
   Les soins aux forêts protectrices permettent à la forêt de remplir durablement sa fonction protectrice même dans un contexte de changements climatiques.
5. **Être liés à un objet concret et basés sur une démarche transparente, clairement expliquée et reproductible.**
   Les soins à réaliser sont déterminés sur place par des professionnels, ce qui permet de respecter les conditions de stations, variables à petite échelle. Le processus de décision se déroule toujours de la même façon. Il est documenté de manière transparente, reproductible et contrôlable.
6. **Être efficaces**
   La probabilité que les soins aux forêts protectrices permettent d'atteindre les objectifs est très élevée.
7. **Correspondre à des objectifs atteignables à des coûts raisonnables**
   Le rapport coût-avantage des soins aux forêts protectrices est raisonnable.

3.3 Informations complémentaires

3.3.1 Soins aux forêts protectrices et autres fonctions de la forêt

Les soins aux forêts protectrices visent en premier lieu à réduire les risques liés aux dangers naturels (principe 1). Ils devraient donc être axés sur l'objectif de protection poursuivi. En principe, les mesures fondées sur NaiS vont dans le sens d'une gestion des forêts proche de la nature et visent à obtenir des forêts protectrices structurellement riches, diversifiées et adaptées à la station ainsi qu'aux changements climatiques, dont l'effet de protection est le plus efficace possible sur le long terme.

La biodiversité ainsi que sa sauvegarde et sa promotion sont les conditions de base pour les multiples prestations et les différentes fonctions de la forêt. Cela constitue également une base importante pour la forêt protectrice. Ainsi, une utilisation optimale des processus naturels permettra un entretien efficace et efficient des forêts protectrices.

La forêt étant un écosystème capable de remplir plusieurs fonctions à la fois, l'entretien durable des forêts protectrices peut également avoir une **influence sur d'autres fonctions de la forêt et sur les prestations forestières à fournir** (p. ex. habitat de la faune et de la flore, production de bois, espace de détente, etc.). Dans les forêts protectrices, des **mesures supplémentaires touchant à d'autres fonctions et prestations forestières** (p. ex. mesures spéciales en faveur de l'habitat du grand tétras ou du gibier) sont également possibles pour autant que l'effet de protection demeure garanti. Cela signifie qu'avec ces mesures il ne faut pas descendre en dessous des exigences minimales correspondant au danger naturel et au type de station (profil minimal). En règle générale, les exigences en matière de protection se combinent aisément avec les exigences relatives à la biodiversité. De même, les soins aux forêts protectrices peuvent souvent s'accorder avec la production de bois, de sorte que les forêts protectrices permettent elles aussi de produire et de valoriser du bois de façon judicieuse sur les plans écologique et économique.

Seules les mesures ayant vocation à protéger peuvent profiter des fonds publics alloués pour les soins aux forêts protectrices. Si des mesures de soins supplémentaires pour d'autres fonctions et prestations forestières sont mises en œuvre, leur financement doit être clairement séparé (pas de double financement).

3.3.2 Conséquences des changements climatiques pour les forêts protectrices

Les changements climatiques à l'échelle planétaire entraînent également des modifications importantes en Suisse. Entre le début des relevés en 1864 et aujourd'hui (2023), la température moyenne a déjà augmenté de plus de 2 °C. Selon les modèles climatiques, il faut encore s'attendre à des températures moyennes nettement plus chaudes ainsi qu'à des étés plus secs. Ces effets vont modifier des conditions écologiques importantes pour la forêt. La hausse des températures et l'évolution de la disponibilité des ressources en eau ont également un impact sur les conditions de station. Des modèles montrent que les étages de végétation – et donc les types de station – s'élèveront d'au moins 500 à 700 mètres d'altitude d'ici la fin du XXI^{e} siècle. Cela signifie d'une part que dans les secteurs où les forêts sont actuellement clairsemées en raison du froid, l'effet de protection sera plus élevé à l'avenir qu'aujourd'hui. D'autre part, la mortalité augmentera dans les secteurs où la sécheresse est aujourd'hui déjà un facteur limitant. **La modification des conditions de station** a pour conséquence que les essences aujourd'hui prédominantes dans certaines stations ne seront plus adaptées, ou seront mélangées à d'autres essences, et que les nouvelles conditions favoriseront l'apparition d'essences jusque-là absentes.

Outre les conditions de station, les changements climatiques affectent également les **processus de dangers naturels.** Ainsi, les avalanches qui se produisent à basse altitude devraient toucher des surfaces plus réduites et survenir plus rarement. En altitude, elles resteront des dangers naturels importants, mais les propriétés de la neige seront probablement différentes (davantage d'avalanches de neige mouillée). La fragilisation des pentes et la recrudescence des mouvements de terrain auront pour effet que les processus tels que les chutes de pierres, les glissements de terrain et les laves torrentielles gagneront en importance sur le long terme, par rapport aux avalanches. Les modifications de la situation en matière de dangers naturels auront un impact sur le lieu et la probabilité d'occurrence des processus considérés.

On s'attend par ailleurs à ce que la menace des **perturbations** naturelles telles que les incendies, les tempêtes ou les organismes nuisibles s'accroisse, étant admis qu'à l'avenir l'évolution des forêts sera aussi marquée par ce type d'événements. Contrairement à la modification des conditions de station due aux changements climatiques, qui entraîne des évolutions progressives, ces événements peuvent causer des changements relativement brusques dans les peuplements boisés.

Les changements climatiques entraînent donc des modifications significatives, qui s'accompagnent d'incertitudes. Les évolutions rapides et notables posent de grands défis à la **gestion des forêts de protection** et nécessitent un ajustement des stratégies sylvicoles. Il est important que la forêt protège durablement contre les dangers naturels, même dans un contexte de changement climatique. Pour cela, il est nécessaire de prendre des mesures sylvicoles appropriées, qui réduisent autant que possible les risques liés au changement climatique. L'objectif est de créer des forêts diversifiées, structurellement riches, adaptées au climat et donc résilientes, dont le mélange des essences est varié et adapté à la station ainsi qu'à ses conditions futures.

3.3.3 Le défi d'un rajeunissement durable

Pour que la fonction protectrice des forêts puisse être garantie durablement, un rajeunissement suffisant, adapté à la station et pérenne est indispensable. En forêt, les conditions de lumière et de chaleur sont essentiellement déterminées par les conditions de station et exercent une influence sur le développement du rajeunissement. Les mesures sylvicoles dans les forêts protectrices ont souvent pour but d'introduire ou de favoriser le rajeunissement et d'encourager la stabilité des peuplements. Comme les conditions de station se modifient du fait des changements climatiques, un **rajeunissement naturel adapté aux futures conditions de station** est particulièrement important. Il est en effet probable qu'à l'avenir certaines essences aujourd'hui prédominantes ne seront plus adaptées à la station, ou seront mélangées à d'autres, et que des essences de basse altitude se propageront plus en hauteur. Comme le rajeunissement naturel peut mettre longtemps avant de se développer à certaines altitudes, il est important de prendre des **mesures sylvicoles adéquates** le plus tôt possible, de sorte que les essences aptes à assurer la fonction protectrice de la forêt puissent s'établir au plus vite. Outre les interventions de rajeunissement ciblées, les travaux visant à créer des peuplements et à les entretenir deviendront eux aussi plus importants à l'avenir. Même dans le contexte des changements climatiques, le rajeunissement de la forêt devrait être le plus naturel possible – non seulement parce qu'il est peu onéreux, mais aussi parce qu'il favorise la diversité génétique. Les plantations sont à considérer en premier lieu comme un complément au rajeunissement naturel ; elles sont judicieuses par exemple si des essences d'avenir ou adaptées à la station sont absentes ou si la concurrence de la végétation herbacée est forte et ne pas être empêchée par d'autres mesures sylvicoles (p. ex. écorçage, bois en décomposition).

L'influence des ongulés sauvages sur le rajeunissement forestier peut constituer un vaste défi pour la gestion des forêts de protection. En effet, des effectifs élevés entravent, voire empêchent le rajeunissement du fait d'un abroutissement trop intense, ce qui agit négativement sur l'efficacité des mesures sylvicoles et donc sur l'effet de protection.

Étant donné que certaines essences d'avenir comptent parmi les essences préférées de la faune sauvage, un abroutissement intense peut causer une perte de diversité dans la composition du rajeunissement naturel, voire la disparition totale de certaines essences (p. ex. chêne sessile, alisier torminal, sapin blanc, érable sycomore, sorbier). La pression trop forte de la faune sauvage rend ainsi plus difficile, voire impossible la promotion de ces espèces d'avenir – qui est l'une des principales mesures sylvicoles d'adaptation aux changements climatiques. La fonction protectrice de la forêt peut s'en trouver compromise. De fait, l'efficacité des mesures visant à garantir la fonction protectrice de la forêt dans une perspective de durabilité est fortement conditionnée par la capacité à ramener ou à maintenir la pression des ongulés sauvages à un niveau acceptable.

En vertu de l'art. 27 LFo, les cantons édictent des prescriptions visant à prévenir une prolifération nuisible du gibier ; ces prescriptions doivent permettre de garantir la conservation des forêts, en particulier leur régénération naturelle par des essences adaptées à la station, sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures pour protéger les arbres. Lorsque cela n'est pas possible, les cantons prennent des mesures pour éviter les dommages causés par le gibier. L'aide à l'exécution Forêt et gibier[10] et les notions de base utiles à sa mise en œuvre[11] décrivent ce qu'il faut faire en cas de conflit forêt-gibier et quels sont les principes à respecter dans le cadre d'une gestion durable des forêts et du gibier.

Les grands prédateurs que sont le loup et le lynx peuvent également avoir un effet sur les effectifs de gibier dans la mesure où ils utilisent la forêt comme habitat et influencent le comportement des ongulés. Ainsi, ils contribuent à réduire les populations élevées d'ongulés et à prévenir les concentrations locales d'individus.

Comme les soins aux forêts protectrices visent à obtenir de petites structures variées et diversifiées, il n'est pas rare qu'ils constituent également une valorisation de l'habitat de la faune sauvage ou l'encouragent de manière ciblée, en plus de créer les conditions nécessaires au rajeunissement de la forêt. Les forêts protectrices étant souvent situées dans des secteurs abrupts et difficiles d'accès, elles offrent par ailleurs des zones de repli à la faune sauvage. Une densité de gibier adaptée à l'habitat est une condition indispensable pour que la fonction protectrice de la forêt puisse être garantie pleinement et durablement.

10 Aide à l'exécution Forêt et gibier (OFEV, 2010)

11 Forêt et gibier – Notions de base pratiques (OFEV, 2010)

4 Déterminer la nécessité d’intervenir et les mesures directement sur la surface d’intervention

Les surfaces d’intervention et les mesures sont choisies de telle sorte que la forêt puisse protéger durablement la population et les biens d’une valeur notable contre les dangers naturels et qu’un effet de protection optimal puisse être atteint de la manière la plus efficiente et efficace possible (principe 2). La planification forestière relève de la compétence des cantons. Ils déterminent dans le cadre de la planification en forêt protectrice, à un niveau stratégique, quelles surfaces devraient être traitées et à quel moment (cf. chap. 5). C’est sur les surfaces d’intervention elles-mêmes que les gestionnaires locaux déterminent ensuite, de façon concrète et détaillée, la nécessité d’intervenir ainsi que des mesures efficaces à des coûts raisonnables.

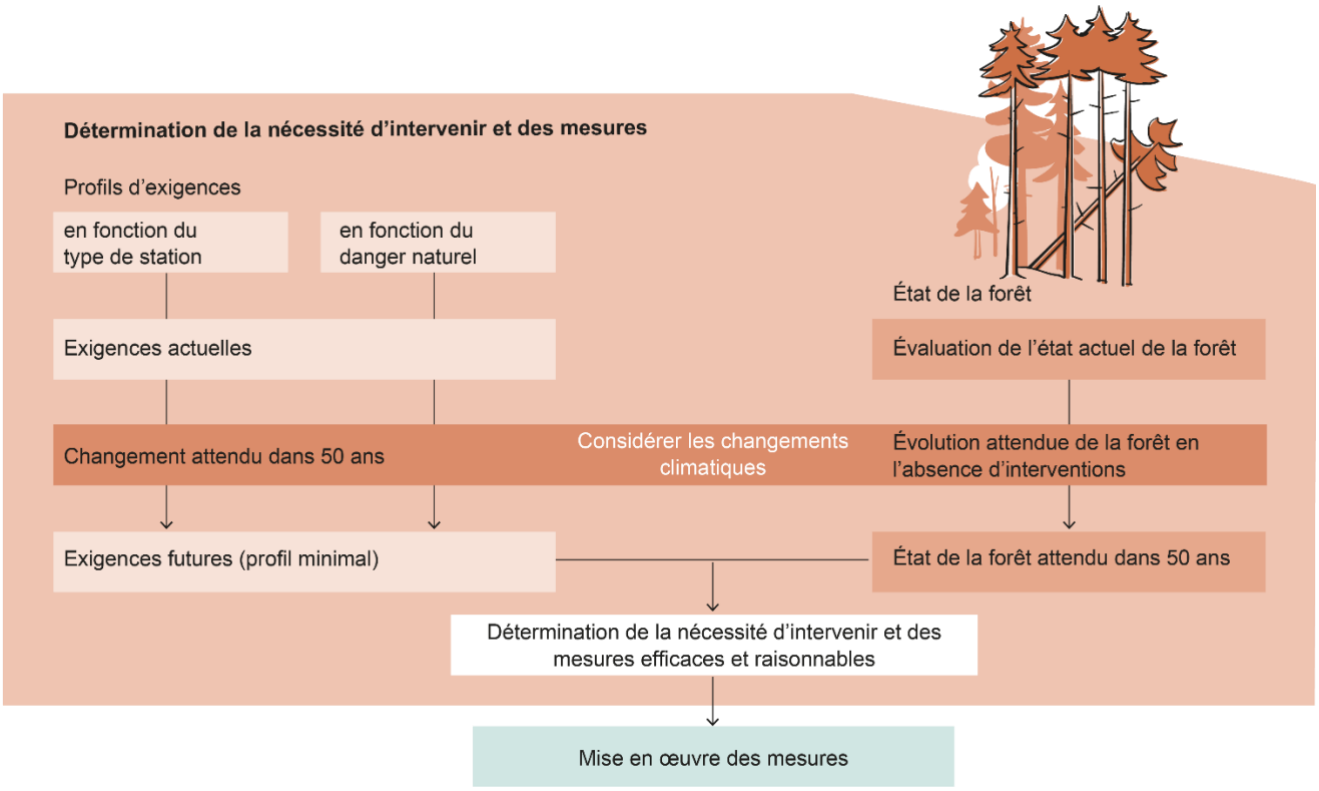
4.1 Principe

Les soins aux forêts protectrices visent à amener ou à maintenir la forêt dans un état lui permettant d’offrir une protection hautement et durablement efficace. La nécessité d’intervenir et les mesures à mettre en œuvre sont déterminées sur la surface d’intervention elle-même grâce à une **comparaison entre l’état de la forêt et les profils d’exigences, la dynamique naturelle de la forêt et les modifications liées au climat** étant prises en considération (Fig. 2, cf. chap. 4.2 et 4.3).

Les profils d’exigences se composent d’un profil minimal et d’un profil idéal. Le profil minimal décrit les exigences minimales sur la base du type de station et du danger naturel considéré et sert de référence pour cette comparaison. Le profil idéal décrit l’état idéal de la forêt qui permet l’effet protecteur le plus élevé à long terme. Afin que les changements climatiques attendus ne soient pas ignorés, il faut tenir compte, non seulement du profil d’exigences actuel, mais également du profil d’exigences futur, qui est basé sur le type de station et le danger naturel attendus à l’avenir. La prise en compte de la dynamique naturelle de la forêt consiste à formuler des prévisions concernant l’évolution probable du peuplement au cours des 50 prochaines années, en tenant compte de manière réaliste des perturbations attendues et en l’absence d’interventions sylvicoles. La comparaison est effectuée pour toutes les caractéristiques importantes du peuplement et des arbres (mélange, structure, éléments stabilisateurs, rajeunissement).

En principe, il y a **nécessité d’intervenir** si l’état de la forêt attendu dans 50 ans, en l’absence de mesures, est plus mauvais que le profil minimal (exigences futures) et si des mesures d’amélioration efficaces à des coûts raisonnables peuvent être prises.

Fig. 2 : Schéma pour définir la nécessité d'agir



4.2 Profils d'exigences

Un profil d'exigences décrit un état de la forêt dont on peut attendre une protection hautement efficace contre les risques liés aux dangers naturels et qui peut être maintenu durablement avec le minimum de moyens. Il réunit les exigences en fonction du danger naturel et les exigences en fonction du type de station. Ces exigences sont exprimées relativement au peuplement (mélange, structure verticale et horizontale, éléments stabilisateurs), au rajeunissement (recrû initial et rajeunissement établi) et au lit de germination.

Deux profils d'exigences intégrant aussi bien les conditions prédominantes aujourd'hui que les conditions futures (prise en considération des changements climatiques) sont systématiquement définis : **un profil idéal** correspondant au but sylvicole à long terme et un **profil minimal,** c'est-à-dire des valeurs à atteindre au minimum, servant de référence pour déterminer la nécessité d'intervenir.

Le contenu des exigences s'appuie sur des résultats de recherche, des observations de terrain et des expériences issues de la pratique. Ces exigences correspondent à l'état actuel des connaissances. Dans leur application pratique, des adaptations sont envisageables uniquement si des conditions de station particulières sont justifiées et s'imposent localement.

4.2.1 Exigences en fonction du type de station

Il est primordial de s'orienter vers une évolution naturelle des forêts afin de garantir la stabilité et la fonction de protection de ces dernières à long terme. La promotion des processus naturels de l'évolution de la forêt permet une synergie importante avec la biodiversité en forêt en tant que base d'un écosystème forestier résilient. Partant du principe que les états d'une forêt offrant la protection la plus efficace sont inscrits dans le cycle d'évolution parcouru par la forêt naturelle, l'état visé pour les forêts protectrices est donc un état naturel adapté à la station. Si l'on s'éloigne de cet état naturel (p. ex. peuplement pur d'épicéas dans une station de hêtraie à millet), la vulnérabilité aux perturbations s'accroît (vent, coléoptères, etc.).

Tous les états que l'on peut rencontrer dans le cycle évolutif d'une forêt naturelle ne sont pas favorables à l'effet protecteur de celle-ci. Ainsi, les grandes surfaces forestières qui sont en phase pionnière ou en phase de décrépitude peuvent avoir un effet protecteur moindre. Ces phases se déclenchent souvent après des perturbations, en particulier dans les forêts naturellement très homogènes. De plus, l'effet protecteur contre les dangers naturels évolue en fonction du développement naturel de la forêt. L'ampleur de la diminution de l'effet protecteur au cours des différentes phases du développement forestier dépend principalement de leur longueur ainsi que de la topographie ou de la situation en matière de dangers naturels.

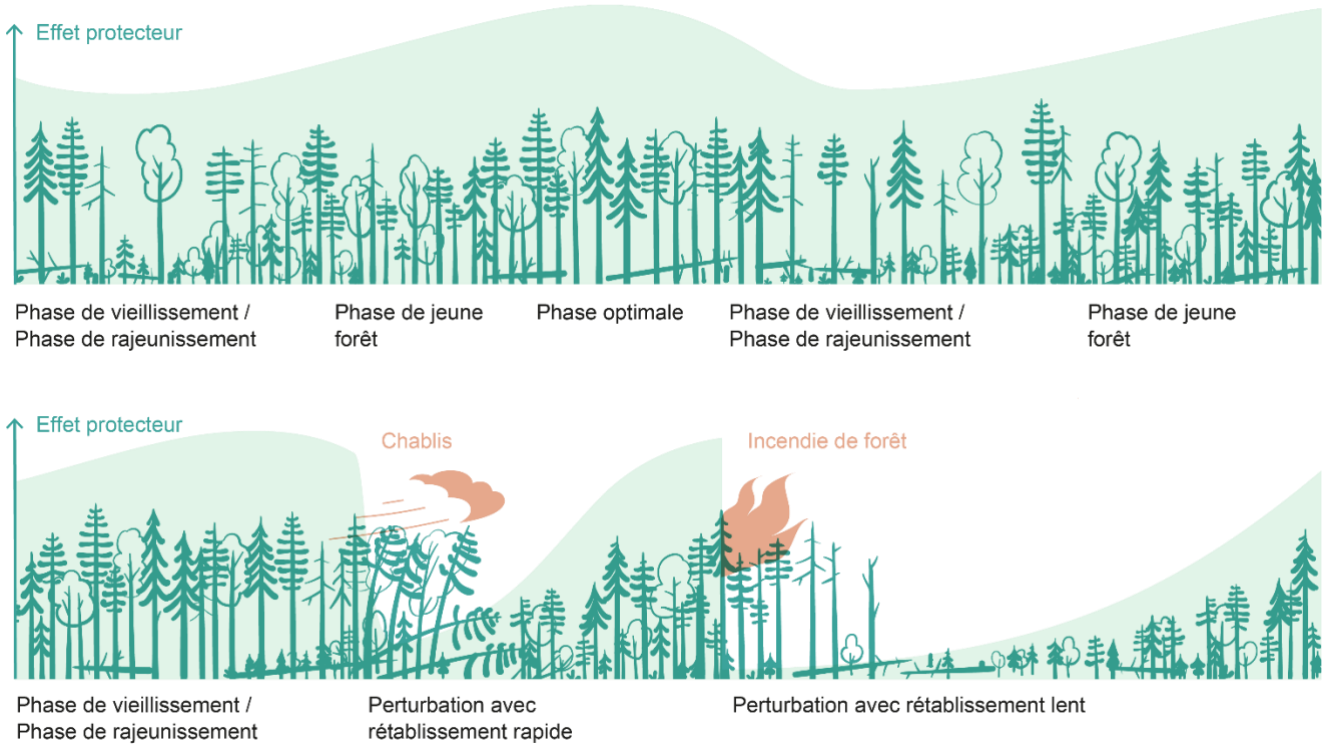
L'efficacité durable des forêts protectrices s'appuie en premier lieu sur des forêts hétérogènes et riches en structures, comprenant aussi des mosaïques de petites étendues en décrépitude et de surfaces de rajeunissement. Dans l'idéal, il faut viser un état de l'évolution naturelle de la forêt qui est capable d'offrir un haut niveau de protection (cf. Fig. 3, ci-dessus). Toutefois, des perturbations de grande ampleur, comme des tempêtes ou des incendies de forêt, peuvent menacer soudainement l'effet protecteur (cf. Fig. 3, ci-dessous). Des mesures appropriées peuvent contribuer à réduire les effets négatifs des perturbations naturelles. Par exemple, le rajeunissement en cours avant une tempête majeure contribue à un reboisement plus rapide. L'efficacité de telles mesures préventives pour augmenter la résilience de la forêt dépend de plusieurs facteurs ainsi que fortement du type de perturbation. Toutefois, dans le cas d'un gros incendie de forêt, l'effet positif de mesures de rajeunissement préalables est le plus faible.

L'entretien ciblé et adapté à la station des forêts protectrices permet d'optimiser l'effet protecteur durable et la résilience des peuplements grâce à des soins aussi naturels que possible. Les structures de petite superficie et la diversité des essences sont spécifiquement encouragées. C'est pourquoi la définition des exigences en fonction du type de station se réfère à un stade d'évolution auquel toutes les essences importantes du climax sont représentées et qui garantit les conditions d'une fonction de protection continue et un rajeunissement le plus ininterrompu possible. Les processus d'autorégulation de la forêt naturelle devraient être utilisés de manière optimale afin, d'une part, de maîtriser les conséquences des perturbations naturelles pour préserver l'effet protecteur durable et, d'autre part, de réduire au minimum les coûts d'entretien. Le fait de réaliser régulièrement de faibles interventions sur une longue période est souvent un moyen adéquat de maintenir les forêts protectrices dans un état durablement efficace.

Les exigences posées aux forêts protectrices en fonction du type de station et les informations détaillées décrivant les différents types de station sont disponibles dans les modules « Types de station : bases » et « Types de station : exigences posées à la forêt protectrice » (exigences en fonction du type de station).

Fig. 3 : Évolution naturelle des forêts et effet protecteur

Partie supérieure : représentation schématique de l'évolution naturelle de la forêt avec différentes phases de développement (d'après Brang et al. 2011). Les soins aux forêts protectrices visent à obtenir des forêts dont l'état offre un niveau élevé de protection sur le long terme. Partie inférieure : Des événements tels que des tempêtes ou des incendies de forêt peuvent annihiler très soudainement l'effet protecteur d'une forêt (sol brut, stades pionniers). Dans certaines conditions, il est possible, de manière toutefois limitée, de prévenir de telles situations (reboisement accéléré grâce à des mesures de rajeunissement préalables, p. ex. après une tempête de grande ampleur, sauf en cas d'incendie de forêt).



4.2.2 Exigences en fonction du danger naturel

Il s'agit de préciser les exigences requises au niveau du peuplement et des arbres pour empêcher ou limiter les effets des processus de dangers naturels. Si ces exigences concernent notamment la distribution du nombre de tiges, la grandeur des trouées dans le peuplement et le degré de recouvrement, elles incluent également le mélange des essences et la stabilité. Si plusieurs processus de dangers naturels se cumulent sur une même surface, il y a lieu de désigner le processus qui est considéré comme déterminant et sur lequel les exigences se fondent. Il est également possible de combiner les exigences relatives à plusieurs processus.

Les exigences pour les forêts protégeant contre les avalanches, les chutes de pierres et les glissements de terrain et pour les forêts liées à un cours d'eau sont définies dans le module « Dangers naturels et effet de la forêt » (exigences en fonction du danger naturel).

4.2.3 Prise en considération de l'évolution des conditions climatiques

Du fait des changements climatiques, les conditions environnementales subissent des modifications qui affectent également les forêts protectrices. Cette évolution peut avoir pour effet de modifier le danger naturel et le type de station actuellement déterminants dans un peuplement (cf. chap. 3.3.2). Pour cette raison, la nécessité d'intervenir et les mesures efficaces à mettre en œuvre devraient être déterminées sur la base des profils

d'exigences valides jusqu'à présent (« type de station actuel » et « danger naturel actuel »), mais aussi en fonction du type de station attendu (« futur type de station ») et du danger naturel déterminant à l'avenir (« futur danger naturel »). Les soins aux forêts protectrices devraient s'accorder avec les processus naturels et être adaptés aux conditions de station (principe 3).

Comme jusqu'à présent, les soins aux forêts protectrices devraient s'accorder avec les processus naturels et être adaptés aux conditions de station (principe 3). Désormais, ils devraient en plus tenir compte de l'évolution des conditions de station et du fait que la forêt peut remplir durablement sa fonction protectrice même dans un contexte de changements climatiques (principe 4) – alors même que les incertitudes concernant la nature et l'ampleur des changements climatiques ainsi que la réaction des essences et des types de station demeurent nombreuses. La promotion de la diversité biologique (génétique, espèces, structures), qui augmente la résistance et la résilience des forêts protectrices face aux changements climatiques et aux perturbations, constitue une approche générale pour gérer les incertitudes.

Dans ce contexte, l'entretien des forêts protectrices devient de plus en plus complexe, et il n'est pas toujours évident de savoir comment les soins aux forêts peuvent être ajustés à des conditions de station en pleine évolution. Le profil des exigences futures (pour le type de station et le danger naturel futurs) fixe l'objectif que devraient poursuivre les mesures sylvicoles. Cependant, les conditions de station et la forêt n'évolueront pas de façon linéaire jusqu'à cet horizon. Il est donc très important de documenter clairement les réflexions menées et de fixer des objectifs intermédiaires à court et moyen terme, qui pourront être contrôlés et si besoin corrigés à l'aide de mesures adaptées (cf. chap. 4.3). Un moyen efficace pour atteindre l'état visé est de procéder régulièrement à des interventions favorisant l'adaptation continue des forêts protectrices à leurs conditions déterminantes futures.

4.2.4 Profil minimal

Le profil minimal réunit les exigences minimales définies en fonction du danger naturel déterminant et du type de station concerné. Il est susceptible d'offrir à long terme un effet de protection suffisant, et ses exigences devraient être satisfaites. Il sert de référence pour évaluer s'il est nécessaire d'intervenir. La nécessité d'intervenir est en principe établie si l'état de la forêt attendu dans 50 ans est inférieur au profil minimal (profil des exigences futures).

4.2.5 Profil idéal

Le profil idéal réunit les exigences idéales en fonction à la fois du danger naturel déterminant et du type de station concerné. Il décrit l'état de la forêt susceptible d'offrir le meilleur effet protecteur à long terme et il correspond au but sylvicole à long terme.

4.2.6 But sylvicole à long terme et marge de manœuvre

Le but sylvicole à long terme correspond en principe au profil idéal (effet protecteur maximal à long terme). Si des fonctions importantes de la forêt, en plus de la fonction protectrice, ou d'autres conditions-cadres devraient également être prises en compte (p. ex. protection de la nature, promotion d'arbres-habitats, production de bois), le but sylvicole à long terme peut être défini entre le profil idéal et le profil minimal (effet protecteur suffisant à long terme). Il existe donc une marge de manœuvre entre les deux profils. Dans ce contexte, la décision concernant l'utilisation des produits de coupe joue un rôle important (voir le module « Utilisation du bois sur place »). Il convient d'examiner en premier lieu s'il est indiqué de laisser le bois sur place pour des raisons de protection ou pour profiter des avantages écologiques.

4.3 Processus de décision pour évaluer la nécessité d'intervenir

L'étape la plus importante dans la planification opérationnelle d'une intervention concrète en forêt protectrice, au niveau du peuplement ou de l'unité d'intervention, est celle qui consiste à évaluer la nécessité d'intervenir et à définir des mesures efficaces à des coûts raisonnables. Le processus de décision s'effectue par les gestionnaires locaux, directement sur place. Ce sont eux qui assument la responsabilité de la mise en œuvre, conjointement avec le personnel cantonal en charge des forêts. Le processus de décision comprend les étapes suivantes :

- **Définir les profils d'exigences déterminants actuel et futur :** la première étape consiste à établir des profils sur la base des exigences actuelles et futures qui sont déterminantes pour le danger naturel et le type de station considérés.
- **Relever l'état actuel de la forêt :** en utilisant les mêmes caractéristiques (mélange, structure horizontale et verticale, éléments stabilisateurs, lit de germination, recrû initial et rajeunissement établi), il faut ensuite décrire **l'état actuel** de la surface.
- **Formuler des tendances concernant l'évolution naturelle de la forêt :** la forêt évolue en permanence, même en l'absence d'interventions. Pour cette raison, des prévisions concernant l'évolution naturelle de la forêt au cours des 10 et 50 prochaines années devraient être formulées pour l'ensemble des caractéristiques, en prenant en considération les changements climatiques ainsi que les perturbations attendues de manière réaliste.
- **Comparer l'état actuel et l'état futur avec les profils d'exigences.** Pour décider de la nécessité de prendre des mesures, l'état attendu dans 50 ans est comparé avec le profil des exigences futures (« futur type de station » et « futur danger naturel ») pour l'ensemble des caractéristiques.
- **Évaluer la nécessité d'intervenir et définir des mesures efficaces à des coûts raisonnables :** si l'état attendu dans 50 ans est plus mauvais que le profil minimal des exigences futures, il faut rechercher des mesures efficaces garantissant une évolution plus positive. La nécessité d'intervenir est établie si les mesures proposées sont raisonnables. Dans ce cas, les mesures devraient en principe être axées sur le profil idéal (but sylvicole à long terme), sachant que souvent plusieurs interventions successives sont nécessaires pour l'atteindre. Si on constate une nécessité d'intervenir, il convient de rechercher des synergies avec d'autres fonctions ou prestations forestières pour la planification concrète des mesures, dans la mesure où il existe une marge de manœuvre sylvicole.
- **Fixer des objectifs intermédiaires :** des objectifs intermédiaires réalistes devraient être fixés selon un intervalle adapté à la dynamique d'évolution, par exemple tous les 5 à 15 ans. Ils permettront d'analyser ultérieurement l'évolution souhaitée ou attendue.
- **Évaluer l'urgence :** l'évaluation de l'urgence s'appuie sur l'état actuel, mais elle demande aussi et surtout de considérer avec quelle rapidité et dans quelle direction le peuplement évoluerait en l'absence de mesures. Selon le principe 2, les soins devraient être réalisés dès lors qu'ils permettent d'atteindre l'effet requis de la manière la plus efficiente possible. Les conclusions relatives à l'urgence d'une intervention au niveau du peuplement peuvent aussi jouer un rôle dans la planification et la priorisation des mesures (cf. chap. 5).

Pour que les mesures planifiées (ou l'absence délibérée de mesures) soient transparentes, claires et vérifiables, il faut que l'évaluation de la nécessité d'intervenir et la définition des mesures, y compris les réflexions menées lors du processus de décision, soient documentées de telle sorte qu'un autre spécialiste puisse comprendre le raisonnement suivi. Le formulaire NaiS[12] est prévu à cet effet. Il peut servir de base pour définir des mesures axées sur l'objectif et pour effectuer des contrôles ultérieurs.

12 Le lien vers le formulaire ainsi que l'instruction correspondante sont disponibles sur le site *www.bafu.admin.ch/uv-2409-f*

5 Planification en forêt protectrice

5.1 Introduction

La planification en forêt protectrice définit les objectifs stratégiques vers lesquels devraient tendre les soins sylvicoles et qui servent de base au choix des surfaces d'intervention. Elle fait partie de la planification forestière (cf. encadré ci-dessous) et constitue la base permettant de recenser les mesures déployées et les moyens engagés dans le cadre du contrôle des résultats (cf. chap. 6) et d'évaluer la réalisation des objectifs. Il s'agit ainsi de garantir durablement l'effet protecteur de la forêt et de veiller à ce que les fonds publics soient utilisés de manière ciblée.

Les systèmes de planification forestière diffèrent fortement d'un canton à l'autre, tout comme les processus et les instruments dans le domaine de l'entretien des forêts protectrices. Dans ce contexte, deux niveaux sont distingués ci-après (cf. Tab. 1).

Tab. 1 : Les deux niveaux de la planification en forêt protectrice

En raison des différences de pratique en matière de planification forestière dans les cantons, aucun instrument de planification particulier (p. ex. plan de développement forestier ou plan de gestion) n'est attribué à l'un ou l'autre niveau.

Niveau stratégique	*Planification :* responsable des tâches stratégiques (p. ex. canton, entreprise forestière, propriétaire de forêt, forestier d'une commune)
	Territoire : grandes surfaces (p. ex. canton, triage, région, exploitation forestière ou grande commune)
	Objet : planification générale et priorisation des forêts protectrices et des mesures d'entretien de ces dernières, p. ex. priorisation des forêts en fonction de leur importance ou de la nécessité d'intervenir, description des types d'objectifs et de traitements[13]
	Horizon temporel : moyen à long terme
Niveau opérationnel Niveau stratégique	*Planification :* gestionnaire local (p. ex. propriétaire forestier, forestier de triage ou d'entreprise)
	Territoire : petites surfaces (p. ex. triage, région, exploitation forestière, complexe de forêts protectrices, surface d'intervention)
	Objet : planification concrète et locale, priorisation des forêts protectrices et des mesures d'entretien de ces dernières, p. ex. définition des surfaces d'intervention possibles, détermination de la nécessité d'intervenir ainsi que de mesures efficaces et proportionnées
	Horizon temporel : court à moyen terme

La planification forestière au **niveau stratégique** pose le cadre dans les limites duquel les surfaces d'intervention sont définies et les gestionnaires locaux mettent en œuvre des mesures **(niveau opérationnel).** La décison concrète si et quelles mesures sont nécessaires (détermination de la nécessité d'intervenir) ainsi que leurs mises en œuvre ont lieu **sur les surfaces d'intervention** elles-mêmes. Aussi, les informations et le degré de détail de celles-ci diffèrent en fonction du niveau en question : au niveau stratégique, les informations ne servent pas à réaliser des analyses détaillées des peuplements individuels, mais à créer une vue d'ensemble des forêts protectrices. Cette vue d'ensemble sert de base pour l'évaluation concrète des peuplements sur place.

13 cf. encadré « Les types d'objectifs et de traitements »

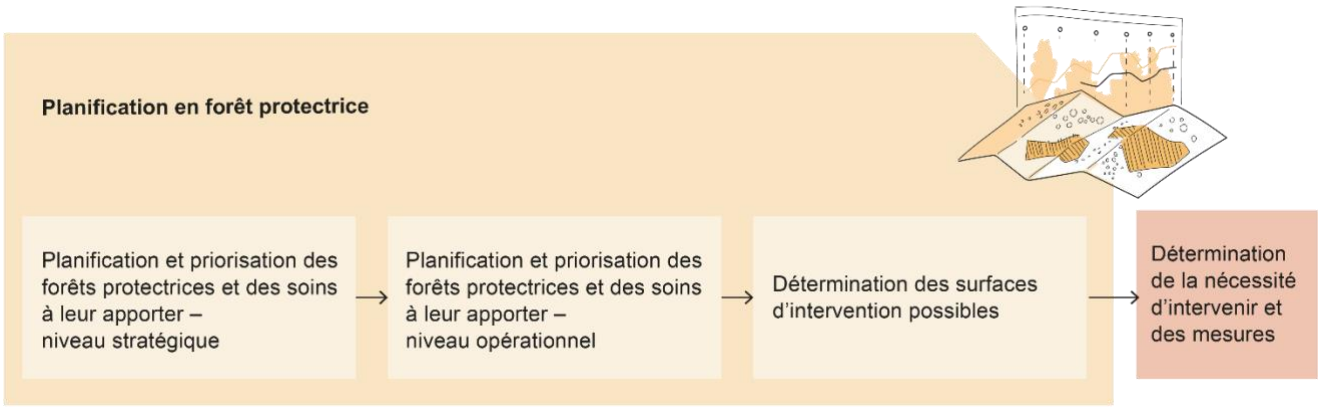
Définition de la planification forestière par le groupe de pilotage Planification et gestion des forêts de la Société forestière suisse
La planification forestière consiste à anticiper les actions futures en forêt en déterminant les objectifs à atteindre et les mesures à entreprendre ainsi qu'en les contrôlant et les révisant périodiquement. Elle sert à garantir les fonctions forestières et la mise à disposition durable des services écosystémiques forestiers ainsi que l'utilisation optimale des ressources nécessaires pour influencer le développement forestier. La planification a pour objet l'analyse et la synthèse de l'état actuel, du développement passé et des évolutions futures possibles de la forêt. Elle porte aussi sur la détermination des objectifs et les moyens, mesures, processus de gestion et de contrôle nécessaires pour les atteindre. La planification forestière s'effectue à différents niveaux fonctionnels et à différentes échelles spatio-temporelles, par exemple au niveau stratégique inter-entreprises (p. ex. planification du développement de la forêt) ou au niveau opérationnel (p. ex. planification de l'exploitation, projets).

5.2 Exigences posées à la planification en forêt protectrice

La planification et la priorisation stratégiques des forêts protectrices à l'échelle cantonale sont des tâches importantes pour que les soins sylvicoles soient réalisés au bon moment et au bon endroit. Les liens entre les planifications stratégique et opérationnelle et la mise en œuvre de mesures sylvicoles en forêt protectrice sont donc centraux (cf. Fig. 4). Les surfaces à traiter devraient être choisies de sorte que l'effet protecteur soit garanti à long terme, que les risques liés aux dangers naturels soient réduits le plus possible et que les mesures soient efficaces et efficientes. Ainsi, l'utilisation des moyens permet le meilleur effet protecteur.

Les cantons disposent d'une **planification stratégique dans le domaine des forêts protectrices,** et s'assurent d'établir des **priorités s'agissant de leurs forêts protectrices et des soins** à apporter à ces dernières. Grâce à des critères clairs et transparents, ils déterminent comment choisir les surfaces d'intervention et planifier les mesures (cf. chap. 5.3).

Fig. 4 : La planification et la priorisation se font au niveau stratégique et opérationnel



5.3 Bases et recommandations

Les explications ci-après s'entendent comme des recommandations et des indications pour une planification en faveur d'un entretien durable des forêts protectrices sur la base de NaiS.

Les cantons devraient pour le moins disposer d'une vue d'ensemble de leurs surfaces forestières protectrices, avec des informations sur les types de station et les processus de dangers naturels déterminants. Ces indications servent à des réflexions plus approfondies, illustrées ci-dessous. Ainsi, une comparaison entre l'objectif à long terme et l'état actuel de la forêt permet de déduire quelles surfaces nécessitent effectivement des soins. En hiérarchisant les surfaces forestières protectrices (selon leur importance) et les soins nécessaires (selon l'urgence à intervenir) et en tenant compte d'autres conditions et éléments, il est possible de définir comment s'effectuent le choix des surfaces d'intervention et la planification des mesures.

Objectifs à long terme en forêts protectrices

Les soins aux forêts protectrices visent à amener ou à maintenir celles-ci dans un état susceptible d'offrir un effet protecteur efficace à long terme. Il est donc nécessaire d'avoir une idée au niveau stratégique des **états souhaités** pour l'ensemble de la surface forestière de protection. Ces états sont décrits sous la forme de profils d'exigences qui tiennent compte du type de station et du danger naturel tout en considérant les changements climatiques. Précisons que l'échelle utilisée au niveau stratégique de la planification ne correspond pas à celle permettant de déterminer la nécessité d'intervenir sur une surface d'intervention individuelle. Les types d'objectifs (cf. encadré ci-dessous) permettent de catégoriser les forêts protectrices en fonction de l'objectif poursuivi.

Les types d'objectifs et de traitements

Créer des types d'objectifs et de traitements est un bon moyen pour catégoriser les forêts protectrices. Cette approche permet de regrouper entre eux des peuplements et ainsi d'obtenir une vue d'ensemble des forêts protectrices :

- Les **types d'objectifs** regroupent des surfaces avec des exigences comparables. Ils sont associés à des profils d'exigences identiques ou similaires. Ils peuvent être utilisés pour créer à grande échelle une vue d'ensemble des objectifs à long terme dans les forêts protectrices ;
- Les **types de traitements** regroupent des surfaces qui, à l'intérieur d'un type d'objectif et en raison de l'état de la forêt, exigent une mesure de même nature et d'ampleur similaire. Ils peuvent servir de base pour la détermination et la mise en œuvre de mesures.

Vue d'ensemble de l'état des forêts protectrices

Afin de pouvoir établir sur quelles surfaces des soins sylvicoles sont nécessaires pour atteindre les objectifs fixés, des **informations sur l'état des forêts protectrices** sont indispensables. Il faut disposer, au niveau stratégique, d'indicateurs mesurables et contrôlables qui permettent de tirer des conclusions objectives sur l'état des forêts protectrices. Les profils d'exigences fournissent en principe des indications pour les caractéristiques déterminantes (mélange d'essences, structure, stabilité, rajeunissement). Ces caractéristiques sont évaluées sur place par les exploitants pour déterminer les mesures nécessaires sur la surface d'intervention (niveau opérationnel). Au niveau stratégique et pour les grandes surfaces, les informations relatives à ces caractéristiques n'existent pas, ou tout du moins pas avec la même qualité. Un tel degré de détail ne serait d'ailleurs pas opportun. Dès lors, il est nécessaire de collecter ces informations autrement. L'idéal serait de disposer, pour l'ensemble de la surface forestière de protection, de données actuelles collectées à grande échelle sur des périodes de mesure relativement courtes. Il est également possible d'exploiter certaines informations provenant de relevés par échantillonnage représentatifs. Des méthodes de télédétection, combinées avec de nouvelles méthodes de traitement de l'information, offrent également des possibilités prometteuses pour

cartographier les caractéristiques de l'état actuel de la forêt à un niveau stratégique. Les technologies correspondantes et leur application dans le domaine des forêts font actuellement l'objet de développements et sont constamment adaptées et améliorées.

Les informations sur l'état des forêts protectrices au niveau stratégique sont une base importante non seulement pour la planification, mais aussi pour le contrôle ultérieur de l'atteinte des objectifs (cf. chap. 6.4). Elles permettent une **comparaison entre l'état de protection souhaité (état visé) et l'état actuel de la forêt (état réel).** Si des différences sont constatées, il faut procéder à une évaluation plus détaillée au niveau opérationnel qui permettra d'établir s'il y a effectivement lieu d'intervenir (pour cela, il faut aussi prendre en considération l'état attendu dans 50 ans). En l'absence de différences, la concordance entre l'état visé et l'état réel ne signifie pas nécessairement qu'aucune mesure d'entretien n'est requise. Une intervention minimale réalisée aujourd'hui peut éventuellement aider à contrôler l'évolution de la forêt de sorte qu'elle ne connaisse pas de développements indésirables à long terme ou que l'état souhaité puisse être maintenu à moindres coûts.

Priorisation

Afin que les ressources disponibles soient utilisées le plus efficacement possible et dans le sens de l'objectif poursuivi, il est nécessaire d'établir des priorités. Cela revient à se poser la question suivante : à quel endroit et à quel moment des soins sont-ils nécessaires ? Les priorités devraient être fixées sur la base de critères d'importance et d'urgence :

- **Importance des forêts protectrices** (potentiel de réduction des risques) : en se basant sur des informations relatives aux types de station et aux dangers naturels déterminants – assorties idéalement d'indications sur l'intensité et la fréquence attendues – et en tenant compte du potentiel de dégâts, il est possible de procéder à une priorisation globale de la surface forestière protectrice selon l'importance de celle-ci et de son effet protecteur. Pour cela, réfléchir à la contribution potentielle de la forêt dans le contexte des dangers naturels pertinents est une bonne approche. Cette réflexion apporte des renseignements sur l'effet protecteur attendu et donc sur la **réduction des risques.**
- **Urgence des soins aux forêts protectrices :** les réflexions relatives à l'état de la forêt, les prévisions concernant l'évolution de celle-ci et l'efficacité attendue des interventions permettent de déterminer l'urgence à intervenir (dans un ordre chronologique). En effet, il ne s'agit pas seulement de traiter des surfaces qui se trouvent actuellement dans un état indésirable, mais aussi de maintenir dans l'état souhaité des forêts protectrices (encore) efficaces actuellement et, partant, de prévenir des développements indésirables.

La priorisation peut se faire aussi bien au niveau stratégique qu'au niveau opérationnel. Exemple : priorisation à l'échelle du canton en fonction de l'importance des forêts protectrices (potentiel de réduction des risques), y compris indications concernant la priorisation des surfaces d'entretien des forêts protectrices sur la base d'une comparaison globale de l'état actuel avec l'état visé (niveau stratégique) ainsi que priorisation à l'échelle locale des mesures d'entretien des forêts protectrices en tenant compte d'autres éléments et conditions-cadres (niveau opérationnel). Ainsi, une priorité élevée pourrait être accordée à l'entretien des forêts protectrices là où une intervention permettrait de réduire rapidement et à moindre coût les risques existants élevés.

Autres conditions-cadres et éléments

D'autres conditions-cadres et éléments peuvent également jouer un rôle dans la planification et la priorisation (aux niveaux stratégique et opérationnel), par exemple :

- réflexion quant à la surface forestière protectrice devant faire l'objet d'une gestion durable et quant au rythme à prévoir pour les interventions (question : quels sont le volume et le rythme des soins nécessaires pour maintenir la fonction protectrice de la forêt ?) ;
- réflexion sur les autres fonctions et prestations forestières et leur adéquation avec la fonction de protection ;
- conditions générales à l'échelle du canton, par exemple le type de propriétés forestières, particularités, ressources disponibles, etc. ;
- conditions générales en matière d'exploitation (p. ex. concepts de desserte, situation du marché du bois, moyens disponibles, etc.) ; celles-ci peuvent avoir une incidence sur la planification et la réalisation concrètes des mesures (p. ex. combiner des interventions onéreuses et des interventions peu coûteuses au cours d'une même année) et devraient être prises en considération là où c'est possible.

Il convient de noter que les soins aux forêts protectrices financés par des fonds publics devraient toujours être axés sur l'intérêt public que représente l'effet de protection contre les dangers naturels et la protection contre les dangers naturels gravitaires.

Période de planification et planification continue

Une planification continue est essentielle s'agissant des forêts protectrices : les objectifs et principes d'ordre supérieur sont définis à l'échelon stratégique et conçus pour une **période de planification** étendue (horizon de 15 à 25 ans environ). La mise en œuvre à l'échelon opérationnel, c'est-à-dire la planification et la priorisation concrètes des mesures dans le cadre de ces objectifs stratégiques, devrait quant à elle s'adapter sans cesse aux conditions et contextes actuels. Elle se fait à court terme, en suivant par exemple le rythme des périodes de programme. Aussi, elle exige une coordination plus dynamique.

La planification devrait donc être approchée comme un processus itératif (cf. Fig. 5), avec des objectifs et des mesures aptes à être modifiées à l'échelon opérationnel à court terme en fonction des situations rencontrées. Avec les changements climatiques attendus et les possibles conséquences d'évolutions et de perturbations non prévisibles, une planification continue est plus importante que jamais pour réagir, à l'échelon opérationnel, de manière flexible et dynamique aux changements. L'expérience acquise jusqu'ici dans le domaine des soins aux forêts protectrices montre en effet que les modifications importantes dans la forêt sont souvent causées par des influences naturelles (p. ex. tempêtes, perturbations biotiques).

Interfaces pour le contrôle des résultats

La planification et le contrôle des résultats constituent un processus itératif (cf. chap. 6). Aussi faut-il déterminer dès la phase de planification de quelle manière le contrôle des résultats sera mis en œuvre. Un niveau de contrôle particulièrement pertinent à grande échelle est le contrôle de l'atteinte des objectifs, qui repose sur les mêmes bases que celles utilisées pour la planification. La méthode des placettes témoins peut elle aussi s'appuyer sur les résultats de la planification (p. ex. sélection de forêts protectrices représentatives ayant des degrés de priorité différents en termes d'importance, de type de traitement requis et d'urgence). Les enseignements tirés de l'analyse des effets peuvent ensuite être réintégrés dans la planification.

6 Contrôle des résultats

6.1 Vue d'ensemble

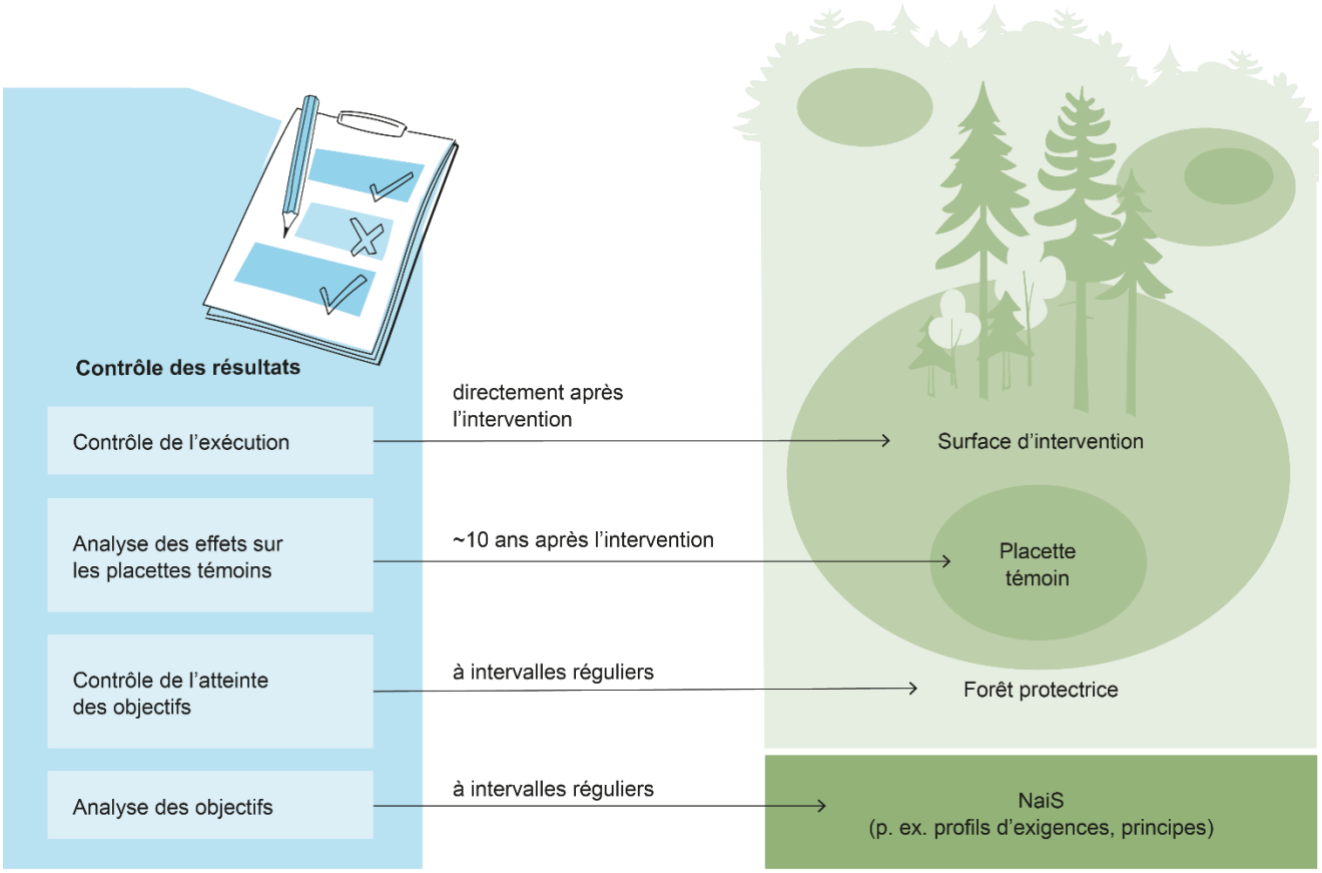
Le contrôle des résultats est un instrument important pour atteindre un effet protecteur durablement élevé de la façon la plus efficiente et efficace possible. L'exécution des soins aux forêts protectrices devrait être contrôlable au regard des sept principes énoncés plus haut, et l'efficacité des soins devrait pouvoir être démontrée par les cantons. Le contrôle des résultats sert en premier lieu à l'assurance de la qualité : grâce à une démarche de controlling appropriée, les nouvelles connaissances et expériences devraient être intégrées aussi vite que possible dans la mise en œuvre pratique. Il s'agit d'assurer le pilotage efficace et efficient des processus à tous les niveaux – de la planification des forêts protectrices à la mise en œuvre sur une surface d'intervention – et ainsi de contribuer à ce que les mesures mises en œuvre atteignent du mieux possible les objectifs fixés, y compris en matière d'utilisation efficace des fonds publics. De manière générale, ce controlling s'entend comme un processus itératif incluant la planification (détermination des objectifs et des grandeurs cibles), le contrôle et le pilotage (vérification de l'atteinte des objectifs et adaptation éventuelle des mesures) (cf. Fig. 5).

Dans le cadre du contrôle des résultats, l'incidence des soins aux forêts protectrices est contrôlée ; il est alors possible, sur la base des résultats obtenus, de déployer des mesures d'amélioration ou d'optimiser l'entretien des forêts protectrices. Ce contrôle comprend quatre niveaux qui couvrent des problématiques différentes à des échelles différentes comme surface d'intervention, grande région ou niveau fédéral : le contrôle de l'exécution, l'analyse des effets, le contrôle de l'atteinte des objectifs et l'analyse des objectifs.

L'objectif du contrôle des résultats est exigeant et ne peut être atteint qu'avec la participation de divers spécialistes aux différents niveaux de contrôle. Les quatre niveaux sont présentés en détail dans les points suivants (Fig. 6). Cela devrait permettre de comprendre pourquoi les différents niveaux sont nécessaires, quelles sont les questions auxquelles il faut répondre à chaque fois et qui est responsable de quelle étape. Il est important de préciser que les quatre niveaux de contrôle ne sont pas le fruit d'une réflexion théorique, mais qu'ils résultent de la résolution de problèmes concrets. Afin de mettre en évidence leurs rôles respectifs, les questions auxquelles ils devraient répondre sont formulées au début de chacun des quatre points suivants.

Fig. 5 (à droite) : Le controlling est un processus itératif qui englobe la planification, le contrôle et le pilotage

Fig. 6 : Les quatre étapes du contrôle des résultats et de sa mise en œuvre



	Contrôle de l'exécution	**Analyse des effets sur les placettes témoins**	**Contrôle de l'atteinte des objectifs**	**Analyse des objectifs**
Question(s)	Les mesures prévues ont-elles été réalisées au bon endroit et dans les règles de l'art ?	Quel est l'effet des mesures réalisées (ou de l'absence délibérée de mesures) sur l'état de la forêt ?	Dans quelle mesure l'état de la forêt correspond-il aux profils d'exigences ? L'objectif d'une efficacité durable des forêts protectrices est-il réalisable ?	Les objectifs formulés étaient-ils les bons ? Les profils d'exigences définis sont-ils raisonnables et appropriés ?
Échelle, échelon de mise en œuvre et horizon temporel	• opérationnel • surface d'intervention • à court terme	• opérationnel (surtout) • placette témoin • à moyen terme	• stratégique • canton, Confédération • à long terme	• stratégique • Confédération (surtout) • à long terme
Compétence	canton	canton	canton, Confédération	Confédération
Collaboration	gestionnaires locaux	gestionnaires locaux	canton, Confédération	collaboration entre autorités, chercheurs et praticiens

6.2 Contrôle de l’exécution

Le contrôle de l’exécution sert à vérifier si les mesures prévues ont été réalisées au bon endroit et dans les règles de l’art.

Question	Comment garantir que les mesures en forêt protectrice sont réalisées au bon endroit et dans le sens de l’objectif fixé ?
Solution	Un contrôle de l’exécution est mis en place afin de vérifier la réalisation des soins aux forêts protectrices.

Pour que les autorités forestières des cantons puissent vérifier si les mesures en forêt protectrice ont été effectuées au bon endroit, dans le cadre prévu et selon les règles, un contrôle de l’exécution est nécessaire. Ce contrôle est réalisé par les cantons sur la base d’une vue d’ensemble des mesures. Cette vue d’ensemble cantonale devrait au moins contenir les éléments suivants :

- plan de localisation des surfaces traitées ;
- informations pour chaque intervention :
  - description simple du type de mesure (p. ex. soins à de jeunes peuplements, entretien d’éléments stabilisateurs, introduction d’un rajeunissement),
  - attribution à un danger naturel et à un type de station,
  - moment de la mesure (année d’intervention),
  - lien avec la nécessité d’intervenir et les mesures déterminées.

Sur ces bases, les cantons peuvent en principe procéder à un contrôle de l’exécution correspondant à chaque mesure. Afin d’évaluer si les mesures prévues ont été réalisées au bon endroit et dans les règles de l’art, un expert se rend sur place pour inspecter une sélection d’objets, éventuellement aussi entre le martelage et l’exécution. Ainsi, la qualité de l’intervention n’est pas vérifiée uniquement sur la base de données (p. ex. formulaire NaiS, protocole de martelage), mais également sur la base d’une expertise réalisée sur place par un spécialiste compétent.

6.3 Analyse des effets

L'analyse des effets sert à vérifier si les mesures réalisées (ou l'absence délibérée de mesures) ont l'effet attendu sur l'état de la forêt et son évolution. Elle permet d'exploiter les expériences issues de la pratique pour améliorer la qualité des soins aux forêts protectrices.

Question	Comment les gestionnaires peuvent-ils évaluer l'efficacité des mesures ? Comment les enseignements tirés de ces mesures peuvent-ils être utilisés pour améliorer les soins aux forêts protectrices ?
Solution	Les gestionnaires observent sur des placettes témoins l'effet de leurs mesures ou de l'absence délibérée de celles-ci et documentent leurs observations. Les expériences ainsi acquises leur permettent d'entretenir les forêts protectrices de sorte qu'elles deviennent de plus en plus efficaces. Ces connaissances en matière de sylviculture contribuent à l'amélioration générale des connaissances. Ainsi, l'analyse des effets sert également à l'assurance de la qualité des soins aux forêts protectrices.

6.3.1 Idée et contexte

Les exigences spécifiques aux dangers naturels et aux types de station sont définies en amont par la Confédération sur la base des connaissances actuelles. Les mesures concrètes devraient ensuite être adaptées en fonction du peuplement considéré et des particularités locales (p. ex. potentiel de danger, topographie, desserte). Pour cette raison, les mesures à mettre en œuvre ne peuvent pas être prescrites, mais doivent être définies sur place par des spécialistes compétents. Parce qu'il n'est pas toujours évident de savoir quelles sont les bonnes mesures à mettre en œuvre, s'il est opportun de renoncer à des mesures et quelle intensité d'intervention est la plus efficace, les praticiens ont besoin d'un instrument pour analyser l'efficacité de leurs interventions. Cela est d'autant plus important que les processus en forêt sont lents : le plus souvent, les effets ne se produisent pas immédiatement après la réalisation de la mesure, mais plutôt après des décennies (p. ex. apparition du rajeunissement). Dans ce contexte, l'analyse des effets permet de vérifier si les mesures réalisées (ou l'absence délibérée de mesures) ont l'effet attendu à long terme sur l'état de la forêt.

Les **placettes témoins** sont au cœur de l'analyse des effets. Sur ces surfaces, les gestionnaires observent et documentent l'effet à long terme de leurs mesures d'entretien. Les placettes témoins ne sont pas étudiées selon une démarche systématisée s'appuyant sur des méthodes scientifiques uniformes. Elles sont sélectionnées et aménagées spécialement pour l'observation et la documentation. Il peut s'agir de surfaces forestières représentatives de la région ou bien de peuplements avec des problématiques particulières. Leur sélection devrait tenir compte des questions et des problématiques en matière de sylviculture qui se posent aux responsables locaux. Les placettes témoins ont souvent pour but l'observation et la documentation de l'évolution spécifique de la forêt après une intervention. Elles permettent aussi, par exemple, de comparer et de suivre les effets de différentes méthodes et intensités d'intervention, notamment l'absence délibérée de mesures.

Les placettes témoins servent de plateformes d'échange pour les acteurs de la pratique, de l'enseignement et de la recherche
Les placettes témoins sont utilisées pour l'analyse des effets. Par ailleurs, elles fournissent des bases pour la formation de base et continue et peuvent être utilisées pour le travail de relations publiques. Elles sont ainsi essentielles à la transmission du savoir et au développement des connaissances sylvicoles, et elles servent de plateformes pour les échanges d'expériences entre les acteurs de la pratique, de l'enseignement et de la recherche. Des groupes de praticiens peuvent par exemple discuter de problématiques sylvicoles et échanger sur les conclusions de l'analyse des effets, puis partager leurs résultats au sein d'un groupe d'experts plus large pour mener ensemble d'autres réflexions.

Après un délai déterminé, **l'analyse des effets** devrait être réalisée directement sur les placettes témoins. Elle consiste à évaluer et à documenter les effets produits par les mesures mises en œuvre ou par l'absence de celles-ci.

Lors de l'analyse des effets, il faut également étudier dans quelle mesure les résultats des surfaces individuelles peuvent être **appliqués par analogie à des situations similaires** ou être généralisés. Ces résultats peuvent être utilisés, par exemple, pour vérifier dans le cadre de l'analyse des objectifs s'il est nécessaire de réviser des instruments ou des documents de base existants (p. ex. des profils d'exigences). Du fait des changements climatiques attendus, les conditions de demain ne seront plus celles d'aujourd'hui ; il faut donc partir du principe que le passé ne nous éclaire pas de façon certaine sur le succès futur des mesures sélectionnées. Des observations bien documentées aident toutefois à gérer ces incertitudes et à acquérir de nouvelles connaissances.

L'analyse des effets est un processus qui permet d'acquérir de nouvelles connaissances en matière de sylviculture, qui peuvent ensuite être discutées entre experts et mises en œuvre. Elle contribue ainsi à l'amélioration du savoir-faire et au développement des compétences sylvicoles des professionnels de la forêt. Non seulement elle est au cœur du contrôle des résultats à l'échelon local, mais en plus elle contribue aux échelles régionale, cantonale et nationale à ce que les soins aux forêts protectrices soient de plus en plus axés sur les effets, ce qui en améliore continuellement leur **qualité.** Il est ainsi possible d'adapter les soins de manière ciblée en fonction des nouvelles conditions, dans le sens d'une gestion adaptative.

6.3.2 Exigences pour une analyse réussie dans les cantons

Dans le cadre du contrôle des résultats, les cantons se chargent de l'analyse des effets sur des placettes témoins. Les éléments suivants sont centraux :

- **Concept des placettes témoins** : la sélection, l'aménagement, l'exploitation et la documentation des placettes témoins devraient être définis dans un concept. Celui-ci devrait également fournir des indications sur le traitement des résultats et expliquer comment il est prévu de valoriser les informations collectées.
- **Sélection, aménagement, observation et documentation des placettes témoins :** les cantons règlent l'aménagement et la gestion des placettes témoins. Une attention particulière doit être accordée aux thématiques et problématiques sylvicoles qui ont besoin d'être analysées plus en détail. La fiche d'observation devrait être adaptée en fonction de ces problématiques.

- **Réalisation et appréciation de l'analyse des effets :** les mesures qui ont été mises en œuvre ou auxquelles les gestionnaires ont volontairement renoncé sont évaluées sur la base des objectifs intermédiaires définis initialement à l'aide du formulaire NaiS. Il s'agit de comparer ces objectifs avec l'état actuel de la forêt. Pour chaque placette témoin, cela revient à répondre aux questions suivantes :
  – Quels sont les changements ? Quelles en sont les causes ?
  – Les objectifs intermédiaires ont-ils été atteints ?
  – Les mesures ont-elles été efficaces ? Qu'est-ce qui aurait pu être fait autrement ou mieux ?
- **Conclusions relatives aux soins :** l'analyse des effets permet non seulement de tirer des conclusions pour la surface étudiée, mais également de vérifier si des conclusions plus générales peuvent en être déduites et comment celles-ci peuvent être utilisées pour améliorer les soins aux forêts protectrices. Une bonne approche consiste à se poser les questions suivantes :
  – les résultats confirment-ils les connaissances existantes ?
  – Faudrait-il apporter des ajustements à la pratique actuelle ?
  – Des clarifications ou des recherches plus approfondies sont-elles nécessaires ?
  – Faudrait-il vérifier et, au besoin, ajuster les instruments et les documents de base d'ordre supérieur (p. ex. profils d'exigences NaiS, recommandations dans le domaine de la sylviculture) ?
- Les **responsabilités** de l'analyse des effets devraient être définies.
- La **continuité** devrait être garantie, de même qu'une **documentation** sur le long terme.

Analyse des effets sur des placettes témoins : recommandations pour la mise en œuvre

Ces dernières années, l'analyse des effets sur des placettes témoins a permis d'acquérir de nombreuses expériences et d'en déduire des recommandations pour la mise en œuvre. Il est prévu de publier les bases correspondantes dans un module de la série « Connaissance de l'environnement ».

1)	Planification et aménagement des placettes témoins	Les placettes témoins devraient être sélectionnées en tenant compte des problématiques concrètes à résoudre et conformément à la stratégie cantonale. Leur aménagement doit être adapté aux particularités locales. Dans tous les cas, l'état initial devrait être consigné et documenté à l'aide de photographies. Des relevés de données supplémentaires effectués lors de l'aménagement de la placette permettent de suivre son évolution sur la base d'informations objectives. Le programme d'observation précise à quel moment et de quelle façon il faut parcourir les placettes témoins pendant la période d'observation et documenter les développements ou événements pertinents (p. ex. chablis). De manière générale, les placettes témoins devraient couvrir une surface d'environ 0,5 à 1 ha, être facilement accessibles et être marquées sur le terrain. Leur nombre dépend de la stratégie élaborée par le canton.
2)	Observation continue et documentation	Entre l'aménagement d'une placette témoin et l'analyse des effets, la surface est parcourue et observée à intervalle régulier (p. ex. une fois par an) sur la base d'un programme d'observation, et son entretien est assuré.
3)	Réalisation de l'analyse des effets et définition des étapes suivantes	L'analyse des effets a lieu après une période définie à l'avance (généralement une dizaine d'années, en fonction de la problématique). Elle repose sur un élément central : l'échange. Il est en effet conseillé de former une équipe de 3 à 5 personnes, comprenant le praticien au niveau local et idéalement 1 ou 2 personnes du service forestier (pour l'accompagnement) ainsi qu'une personne indépendante (pour la modération). En fonction de la problématique, d'autres acteurs peuvent prendre part à l'analyse. Il est essentiel que chacun puisse avoir une participation active dans le processus. Au terme de l'analyse, il faut définir la suite de la procédure pour la placette considérée et déterminer si et comment les connaissances acquises devraient être préparées, examinées plus avant ou valorisées. L'analyse des effets et les étapes suivantes devraient être consignées dans un procès-verbal.

Rôle des gestionnaires compétents

Les activités touchant aux placettes témoins relèvent principalement de spécialistes compétents au niveau local. Ces derniers observent les effets des mesures réalisées ou volontairement omises, puis réfléchissent aux résultats des observations, les documentent et les utilisent pour la suite de la mise en œuvre. Les gestionnaires sont les acteurs centraux de la mise en application des connaissances spécialisées ; ils apportent des compétences clés en matière de sylviculture et s'emploient à les développer. La réussite de l'analyse des effets dépend en premier lieu de leur disposition et de leur motivation à s'engager dans un processus aux résultats ouverts et à réfléchir dans ce cadre à leurs problématiques sylvicoles concrètes. Pour cette raison, il est important de les former en conséquence, de créer des conditions-cadres favorables et de les soutenir activement dans ce travail.

6.4 Contrôle de l’atteinte des objectifs

Le contrôle de l’atteinte des objectifs sert à vérifier si les objectifs définis ont été atteints. Il dépend étroitement de la planification à l’échelon stratégique. Les soins aux forêts protectrices visent à amener ou à maintenir celles-ci dans un état susceptible d’offrir le meilleur effet protecteur à long terme. Concrètement, le contrôle de l’atteinte des objectifs consiste donc à vérifier, sur des surfaces étendues (grande région, canton, Confédération), dans quelle mesure l’état de la forêt est conforme aux profils d’exigences et donc efficace en termes de protection.

Question	Comment obtenir une vue d’ensemble de l’état et de l’évolution de la fonction protectrice des forêts d’une grande région (canton, Confédération) ?
Solution	Il est possible de déterminer l’effet de protection en comparant l’état des forêts avec les profils d’exigences. Ces derniers reposent sur des bases solides et correspondent à l’état actuel des connaissances. Ils sont donc tout indiqués pour servir de référence lors du contrôle de l’atteinte des objectifs.

Pour disposer d’informations fiables sur l’état et l’évolution de l’effet de protection aux échelles fédérale et cantonale, la création d’une vue d’ensemble des forêts est absolument nécessaire (cf. chap. 5.3). Cette vue d’ensemble devrait reposer sur des données collectées à large échelle ou, pour le moins, sur des données qui permettent de formuler des conclusions représentatives de vastes étendues. Pour contrôler l’atteinte des objectifs, il faut donc trouver des indicateurs et des valeurs cibles appropriés, qui permettent de se prononcer sur l’effet protecteur des forêts dans l’espace et dans le temps. Ce contrôle est donc axé sur les mêmes bases que celles utilisées pour la planification et la priorisation ciblées des forêts protectrices.

En comparant au fil du temps l’état de protection souhaité (défini à partir des profils d’exigences) et les informations relatives à l’état actuel de la forêt, il est possible de mettre au jour d’éventuels changements dans l’effet protecteur des forêts d’une grande région.

À l’échelle nationale, la Confédération met en place un contrôle de l’atteinte des objectifs sur la base des données de l’inventaire forestier national (IFN) et procède à son exécution. De leur côté, les cantons exécutent un contrôle de l’atteinte des objectifs pour leurs propres forêts protectrices ; ce contrôle devrait être coordonné avec la planification cantonale en forêt protectrice.

6.5 Analyse des objectifs

L'analyse des objectifs sert à vérifier si les objectifs formulés étaient les bons. Il s'agit en premier lieu d'établir si les profils d'exigences définis sont raisonnables et appropriés. Si d'autres instruments et documents de base en lien avec les soins aux forêts protectrices sont utilisés pour servir d'objectifs, il est possible de les contrôler eux aussi, tant à l'échelle des cantons que de la Confédération. En raison de leur importance majeure en tant qu'objectifs supérieurs poursuivis par les soins aux forêts protectrices, les profils d'exigences jouent cependant un rôle particulier dans l'analyse des objectifs, raison pour laquelle ils sont présentés plus en détail ci-après. En ce sens, l'analyse des objectifs est principalement une tâche de la Confédération, qu'elle accomplit pour pouvoir mettre à disposition dans le cadre du NaiS des bases actuelles fondées sur les derniers enseignements de la recherche et de la pratique.

Question	Les profils d'exigences définis sont-ils raisonnables et appropriés ?
Question Partielle 1	Quelle influence l'état de la forêt a-t-il sur les dangers naturels et donc sur le risque qui menace la population et les biens ?
Solution	Les soins aux forêts protectrices sont basés sur le constat qu'il existe un lien direct entre l'état de la forêt et la réduction du risque. Ce lien est attesté par des résultats de recherches, mais doit encore faire l'objet d'études supplémentaires et être actualisé en fonction des connaissances les plus récentes.

En principe, plus la forêt se rapproche de son état idéal, plus son effet de protection est élevé et plus le risque pour la population et les biens est faible. Toutefois, la conception fine des profils d'exigences liés aux dangers naturels est souvent empreinte de quelques incertitudes (p. ex. distribution du nombre de tiges idéale et atteignable de manière réaliste dans une forêt de protection contre les chutes de pierres). Pour cette raison, il convient d'examiner si les profils d'exigences visés et définis en fonction du danger naturel peuvent effectivement entraîner une réduction significative du risque. L'instrument à utiliser pour cela est l'analyse des objectifs. La pratique livre des enseignements utiles pour cet examen, tandis que la science œuvre au développement de bases améliorées.

Question Partielle 2	Comment faire pour que des soins minimums permettent à la forêt de remplir durablement sa fonction de protection avec le moins de limitations possible
Solution	Pour être aussi efficaces que possible à long terme, les soins minimums aux forêts protectrices devraient exploiter de manière optimale les forces de l'évolution naturelle de la forêt.

Le terme « minimum » ne signifie pas que les soins doivent être les moins coûteux possible à court terme, mais qu'ils devraient être conçus de manière à être les plus bénéfiques possible à long terme, dans le sens du principe 7 énoncé plus haut.

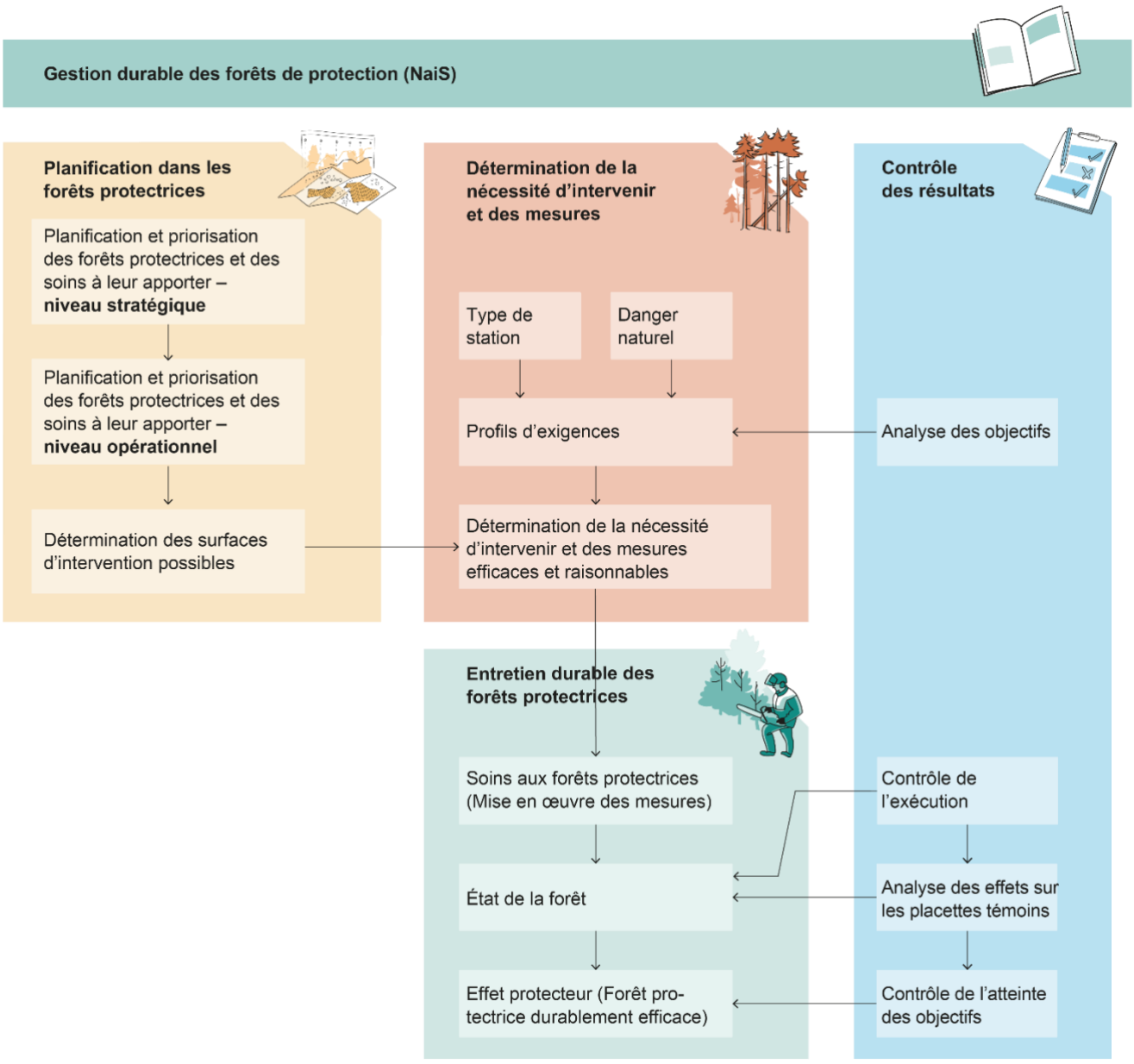
Partant du principe que les coûts sont moins élevés si les soins vont dans le sens de la nature, les états de la forêt visés et définis dans les profils d'exigences correspondent à des phases de l'évolution naturelle de la forêt qui offrent la meilleure protection possible. En raison de diverses lacunes de connaissances et incertitudes, un contrôle périodique est également nécessaire pour les profils d'exigences liés aux types de station :

1. la dynamique naturelle des forêts est en partie inconnue ;
2. la marge de manœuvre dans le cadre de l'évolution naturelle de la forêt est souvent inconnue (exemple : quelle est la distribution du nombre de tiges qu'il faut viser pour durablement remplir les exigences en fonction du danger naturel considéré ?) ;
3. dans quelle mesure les changements climatiques affectent-ils la dynamique forestière ?

En raison de ces incertitudes, les exigences en fonction du type de station devraient elles aussi être vérifiées périodiquement dans le cadre d'une analyse des objectifs. Les bases utiles à cette analyse sont issues de la recherche forestière et des expériences de terrain, mais aussi de l'analyse des effets sur des placettes témoins.

En résumé, l'analyse des objectifs sert à vérifier si les exigences d'ordre supérieur, en particulier les profils d'exigences, sont appropriées, correspondent à l'état actuel des connaissances issues de la recherche et de la pratique et peuvent être respectées. Si tel n'est pas le cas, des clarifications supplémentaires et des ajustements éventuels sont nécessaires. L'instance compétente en la matière est la Confédération. Il est important que les connaissances issues de la recherche et de la pratique soient transmises aux services responsables et fassent l'objet d'un dialogue, dans le sens d'une tâche commune, afin que la qualité des soins aux forêts protectrices puisse être assurée et améliorée à tous les échelons.

Fig. 7 : Vue d'ensemble de NaiS



7 Remerciements

L'actualisation de l'aide à l'exécution NaiS a été réalisée avec le soutien de nombreux représentants des cantons, des services spécialisés et des établissements de formation, de la recherche et de la pratique. Nombre de collaborateurs ont participé à des réunions du groupe d'accompagnement, à des colloques et à des ateliers, dans le but d'adapter l'aide à l'exécution aux bases actuelles et aux dernières connaissances scientifiques, sans perdre de vue la mise en œuvre pratique.

L'OFEV remercie toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration et au développement de NaiS par leur engagement et leur expertise technique, en particulier :

- **le groupe de travail « Adaptation NaiS », qui a accompagné le projet d'aide à l'exécution NaiS**
  Alessandra Bottero, Thomas Brandes, Harald Bugmann, Jean-Chrisophe Clivaz, Monika Frehner, Thomas Girod, Urs Hunziker, Manuel Lauber, Andreas Lötscher, Felix Lüscher, Luca Plozza, Jean-Jacques Thormann et Samuel Zürcher
- **les membres du Groupe suisse de sylviculture de montagne GSM**
- **toutes les autres personnes** qui ont contribué à l'actualisation de NaiS ou qui ont donné leur avis sur l'aide à l'exécution
  - Peter Bebi, Andreas Bernasconi, Raphael Bienz, Peter Brang, Lukas Glanzmann, Viola Sala, Nora Zürcher-Gasser ;
  - Les membres de la Conférence des inspecteurs et inspectrices cantonaux des forêts CIC ;
  - Office fédéral de l'environnement : Personnes de la division Biodiversité et paysage et de la division Forêts rnasc
- **les contributeurs de la première version NaiS 2005 :**
  - les auteurs de la première version
    Monika Frehner, Raphael Schwitter, Brächt Wasser
  - les membres du groupe de travail et de rédaction de l'époque
    Harald Bugmann, Werner Frey, Walter Schönenberger, Jean-Jacques Thormann, Jürg Walcher
  - les nombreux spécialistes et collaborateurs de l'administration ainsi que des milieux de la pratique et de la recherche
    Frederic Berger, Ueli Bühler, Jacques Burnand, Gabriele Carraro, Hans-Ulrich Frey, Rolf Ehrbar, Fredy Zuberbühler, Heinz Nigg, Dani Rüegg, Reinhard Schnidrig, Kaspar Zürcher, Peter Bebi, Albert Böll, Peter Brang, Marco Conedera, Philippe Duc, Werner Gerber, Peter Lüscher, Christian Rickli, Josef Senn
  - les organisations et les acteurs de la pratique
    Groupe suisse de sylviculture de montagne GSM, Groupe Jurassien de Sylviculture GJS, spécialistes des dangers naturels FAN, Communauté suisse de travail pour l'aménagement des forêts CSAF, gardes et ingénieurs forestiers praticiens
  - ainsi que les personnes impliquées dans l'élaboration des instructions « soins minimaux pour les forêts à fonction protectrice »
    Ernst Zeller, Marco Delucchi, Brächt Wasser, Monika Frehner, Hans-Ulrich Frey, Ernst Ott et tout les autres participants

8 Bibliographie

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., Schweier J. (Red.) Forum für Wissen 2023. WSL Berichte 144 : 41-48. *DOI : 10.55419/wsl :35230*

Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) 2023 : Manuel sur les conventions-programmes 2025-2028 dans le domaine de l'environnement. Communication de l'OFEV en tant qu'autorité d'exécution. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 2315. 256 p.

Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) : Integrales Risikomanagement bei gravitativen Naturgefahren. geplante Publikation in der Reihe Umwelt-Wissen. Entwurfsversion vom 20. November 2023 (en cours d'élaboration)

Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) 2010 : Aide à l'exécution Forêt et gibier. Gestion intégrée du chevreuil, du chamois, du cerf élaphe et de leur habitat. L'environnement pratique n° 1012. 24 p.

Office fédéral du l'environnement OFEV (éd) 2010 : forêt et gibier – Notions de base pratiques. Bases scientifiques et méthodologiques de la gestion intégrée du chevreuil, du chamois, du cerf élaphe et de leur habitat. Connaissance de l'environnement n° 1013. Berne. 232 p.

Brang P., Heiri C., Bugmann H. (Red.) 2011 : Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Bern : Haupt. 272 S.

Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2005 : Gestion durable des forêts de protection. Soins sylvicoles et contrôle des résultats : instructions pratiques. (L'environnement pratique). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 564 p.

Frehner M., Brang P., Kaufmann G., Küchli C. 2018 : Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Bericht 66 : 43 S.

Gollut C., Tinner R., Bernasconi A. 2022 : Seminar «Controlling im multifunktionalen Wald». In : Infoblatt 1-222 der Arbeitsgruppe Waldplanung und -management des SFV.

Korpel S. 1995 : Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer, 310 S.

Losey S. und Wehrli A. 2013 : Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. p. 29 und Anhänge. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Pluess A.R., Augustin S., Brang P. (Red.) 2016 : Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern ; Birmensdorf ; Bern : Bundesamt für Umwelt BAFU ; Eidg. Forschungsanstalt WSL ; Haupt. 447p.

Wasser B., Frehner M. 1996 : Wegleitung Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.