



1er mai 2024

---

# Options pour améliorer le bilan nutritif des forêts

Rapport à l'intention du Conseil fédéral donnant suite aux mandats du 15 février 2017

---

Numéro de dossier : BAFU-463.11-3063/2/2



**Table des matières**

<b>1</b>	<b>Contexte .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Bases scientifiques – Mise à jour.....</b>	<b>3</b>
2.1	Évolution des émissions et des dépôts d'azote (N) dans les forêts.....	3
2.2	Effets des dépôts d'azote sur les forêts .....	4
<b>3</b>	<b>État de la mise en œuvre du postulat .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Réalisation des mandats d'examen .....</b>	<b>7</b>
4.1	Introduction du principe de causalité et éventuelles adaptations législatives qui en découlent pour le financement des mesures sylvicoles .....	7
4.2	Adaptations législatives en vue d'une éventuelle application du chaulage à grande échelle .....	8
<b>5</b>	<b>Financement .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>11</b>
	<b>Annexe.....</b>	<b>13</b>

## 1 Contexte

Le postulat 13.4201, déposé le 12 décembre 2013 par le conseiller national Erich von Siebenthal et intitulé « Ramener les cendres en forêt pour lutter contre l'acidification des sols », chargeait le Conseil fédéral d'élaborer un rapport sur les modifications législatives qui seraient nécessaires pour que les cendres propres issues des chauffages utilisant du bois non traité puissent être ramenées en forêt. Le Conseil national a adopté le postulat le 21 mars 2014, suivant ainsi la proposition du Conseil fédéral.

Le 15 février 2017, le Conseil fédéral a publié le rapport « Options pour compenser l'acidification des sols forestiers et pour améliorer leur fertilité : présentation et évaluation »<sup>1</sup>, donnant suite au postulat 13.4201 (ci-après : rapport donnant suite au postulat). Parallèlement, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) (Office fédéral de l'environnement, OFEV) a été chargé de fournir des informations sur la mise en œuvre des mesures proposées dans le rapport donnant suite au postulat et de traiter les mandats d'examen suivants :

- étudier, pour la mise en œuvre de mesures sylvicoles, la question de l'introduction du principe du pollueur-payeur (principe de causalité) et des éventuelles adaptations législatives qui en découlent ;
- examiner la question des éventuelles adaptations législatives nécessaires à une utilisation plus large du chaulage ;
- faire rapport au Conseil fédéral sur les résultats obtenus d'ici au 31 décembre 2022 et de lui soumettre les éventuelles adaptations législatives nécessaires.

Les bases techniques ont déjà été présentées en détail dans le rapport donnant suite au postulat. Elles ne sont donc pas reprises dans le présent rapport.

## 2 Bases scientifiques – Mise à jour

Le rapport donnant suite au postulat présente de manière détaillée les relations entre l'apport de dépôts<sup>2</sup> acidifiants et les effets sur les forêts. Ces relations ne sont donc que brièvement mentionnées ici et sont complétées par de nouvelles connaissances.

### 2.1 Évolution des émissions et des dépôts d'azote (N) dans les forêts

Les apports d'azote dans les forêts ont légèrement diminué ces dernières années. En 2020, ils s'élevaient en moyenne à 19,4 kg N par ha ; selon les sites, ils fluctuent entre 2 et plus de 50 kg N par ha et par an. Les apports naturels d'azote atteignent 1 à 3 kg N par ha. Par conséquent, les charges critiques (*critical loads*) d'apports d'azote sont dépassées sur environ 90 % de la surface forestière de la Suisse. Dans les forêts, les émissions et les dépôts d'azote ont connu l'évolution suivante :

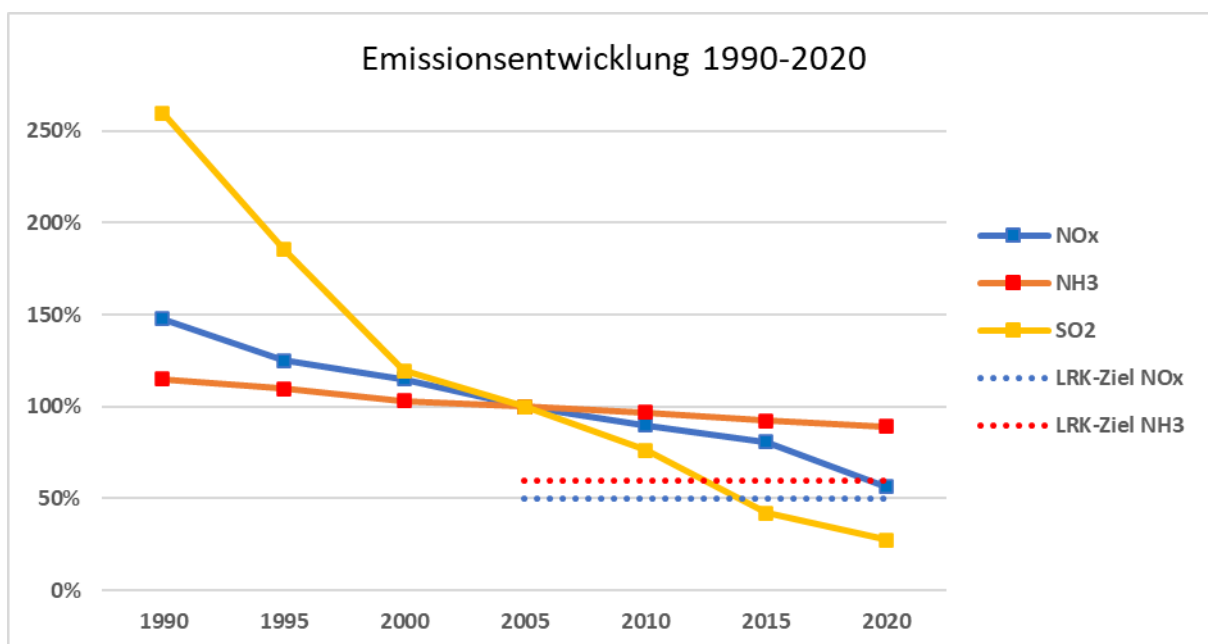
- En 2020, les apports acidifiants dans les forêts provenaient à environ 60 % d'émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>), 30 % d'émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et 10 % d'émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

---

<sup>1</sup> [Options pour compenser l'acidification des sols forestiers et pour améliorer leur fertilité : présentation et évaluation \(admin.ch\)](#)

<sup>2</sup> [Par dépôts, on entend les flux de substances de l'atmosphère vers la surface terrestre.](#)

- En Suisse, les émissions d'ammoniac ont diminué de 10 % entre 2005 et 2021 (OFEV 2023) ; les émissions d'ammoniac d'origine agricole, qui représentent environ 90 % de l'ammoniac émis, ont baissé de 6 %.
- Les émissions d'oxydes d'azote, provenant principalement des transports et de l'industrie, ont diminué de 44 % au cours de la même période. Les émissions de dioxyde de soufre, issues principalement de l'industrie, ont quant à elle baissé de 70 % depuis 2005 (voir figure 1).



**Figure 1 :** Évolution des émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>), d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) en Suisse de 1990 à 2020, rapportées à l'année 2005 (= 100 %). Les lignes en pointillé indiquent l'objectif selon la Stratégie fédérale de protection de l'air (objectif SFPA) ; pour le SO<sub>2</sub>, il s'agit d'empêcher une nouvelle augmentation des émissions. (OFEV 2023 ; Stratégie fédérale de protection de l'air 2009)

## 2.2 Effets des dépôts d'azote sur les forêts

Effets constatés des dépôts d'azote sur les forêts :

- Dans un premier temps, les apports d'azote augmentent la croissance des arbres, mais lorsqu'ils sont plus importants, ils engendrent une diminution de la croissance. En Suisse, cette corrélation a été constatée par Etzold et Zweifel (2018) à différentes stations pour plusieurs essences (hêtre, épicéa, sapin, pin et chêne). Le hêtre est plus sensible aux apports d'azote que d'autres essences. Une combinaison de sécheresse et de charge en azote exerce un effet négatif accru sur la croissance et la vitalité (Braun et al. 2017).
- Les apports d'azote entraînent un déséquilibre de l'alimentation minérale des arbres et des carences en nutriments (Braun et al. 2020). La vitalité des arbres s'en trouve diminuée. Les carences en phosphore et en potassium en particulier, combinées à la sécheresse, engendrent une mortalité accrue (Braun et al. 2021). Le manque de magnésium dans les arbres est directement imputable à l'acidification du sol.
- Il ressort d'études menées en Suisse (De Witte et al. 2017) que les apports d'azote réduisent la diversité et le nombre de champignons mycorhiziens sur

les racines des hêtres, ce qui entraîne une diminution de l'absorption de phosphore. La réduction de la diversité des mycorhizes induite par des apports élevés d'azote a également été confirmée dans une étude européenne (van der Linde et al. 2018).

- Des apports élevés d'azote combinés à la sécheresse augmentent la mortalité des épicéas (Tresch et al. 2023).
- L'appauvrissement et l'acidification du sol entraînent une plus grande vulnérabilité à la sécheresse (Kohler et al. 2019). Notamment les essences dites d'avenir, qui supportent bien la sécheresse, sont tributaires de sols riches en nutriments jusqu'en profondeur (Mellert et al. 2018) ; à long terme, il sera délicat de trouver encore des stations leur convenant.
- Le chaulage favorise l'enracinement, stabilise les peuplements et augmente la résistance à la sécheresse (von Wilpert et al. 2020).

### 3 État de la mise en œuvre du postulat

Dans le rapport donnant suite au postulat, les mesures suivantes ont été proposées pour améliorer le bilan nutritif ou pour assainir les stations acidifiées jusqu'en profondeur :

#### 1) Réduction des émissions d'azote à la source

Afin de protéger les êtres humains, les animaux, les plantes et leurs habitats contre les atteintes nuisibles dues à la pollution atmosphérique, il importe, à titre préventif, de limiter les émissions dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable (art. 11, al. 2, de la loi sur la protection de l'environnement [LPE, RS 814.01]). Les émissions seront limitées plus sévèrement s'il appert ou s'il y a lieu de présumer que les atteintes, eu égard à la charge actuelle de l'environnement, seront nuisibles ou incommodantes (art. 11, al. 3, LPE). Avec sa Stratégie fédérale de protection de l'air (SFPA), le Conseil fédéral a défini des objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques à l'échelle de la Suisse, concernant notamment l'ammoniac, les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre.

Au niveau fédéral, il existe des prescriptions sur les émissions de polluants des chauffages, des installations industrielles, des véhicules à moteur, des machines et des appareils ainsi que des bateaux et des véhicules ferroviaires, et des prescriptions sur la qualité des carburants et des combustibles. Afin de réduire les émissions d'ammoniac dans l'agriculture, les dispositifs pour l'entreposage de lisier doivent être couverts de manière fixe depuis 2022 ; en outre, en vertu de l'annexe 2, ch. 55, de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair, RS 814.318.142.1) entrant en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2024, le lisier doit être épandu dans toute la Suisse avec des systèmes à faibles émissions (p. ex. distributeur avec rampe d'épandage à tuyaux souples [pendillards]). D'autres mesures de réduction des émissions conformes à l'état de la technique sont décrites dans l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture. Diverses mesures relatives à la construction d'étables sont encouragées par des aides financières pour les améliorations structurelles (cf. annexe 6, ch. 3.1 de l'ordonnance sur les améliorations structurelles, RS 913.1). En outre, l'alimentation biphasé des porcs appauvrie en matière azotée est soutenue par

le biais de contributions à l'utilisation efficiente des ressources (cf. art. 82b de l'ordonnance sur les paiements directs, RS 910.13).

Au niveau international, la Suisse s'engage pour une réduction de la pollution atmosphérique transfrontière. Dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, des limites de charge axées sur les effets ont été fixées pour les apports d'acide et d'azote dans les écosystèmes. En 2022, les charges critiques empiriques relatives à l'azote (*critical loads*) ont été révisées et adoptées (Bobbink et al. 2022). 2) *Élaboration de recommandations pour une récolte de bois durable sur le plan des nutriments*

Les fondements d'une application à l'échelle nationale ont été améliorés. L'altération des sols forestiers de Suisse a été cartographiée afin de quantifier l'apport naturel de nutriments dans les forêts (Rihm et al. 2023). Le risque de lessivage des nitrates a été calculé dans le but d'estimer le lessivage des nutriments par les eaux d'infiltration à l'échelle de la Suisse (Waldner et al. 2019). Un bilan des principaux éléments nutritifs nécessaires aux forêts a été dressé sur ces bases.

Il ressort du résultat de ces calculs qu'en raison du seul lessivage de ces éléments, entraîné par les dépôts d'azote, la méthode de récolte ne peut pas être durable. Il est fortement recommandé de laisser les résidus de récolte ainsi que les écorces et la masse verte dans le peuplement. Les recommandations adaptées à la station visent la protection et l'exploitation durable des peuplements.

Dans ce contexte, l'OFEV élabore actuellement une publication sur la récolte du bois durable sur le plan des nutriments. Visant à créer une base de connaissances pour l'exécution du droit environnemental, elle s'adresse aux spécialistes correspondants et sera publiée en 2024 dans la série « Connaissance de l'environnement ». Elle est basée sur un rapport de l'OFEV consacré au recensement et au traitement des stations forestières menacées (*Erfassung und Behandlung gefährdeter Waldstandorte*), paru en 2015. Ce rapport présente une méthode d'identification des stations pauvres en nutriments, c'est-à-dire celles dont le sol présente une faible saturation en bases, qui a été développée en se fondant sur la cartographie des stations. Il s'agit de la première étape pour décider des méthodes et des quantités de récolte adaptées à la station, comme le fait de renoncer à la récolte d'arbres entiers.

### 3) *Élaboration de recommandations pour la prise en compte du contexte nutritif lors du choix des essences*

Un module sur les sols sera intégré à l'outil numérique de sélection des essences ([www.tree-app.ch](http://www.tree-app.ch)). Dans la pratique, l'application TreeApp permet de choisir des essences adaptées à la station. Pour l'heure, elle se réfère uniquement au climat attendu à la station, sur la base des scénarios climatiques actuels (CH2018, 2018).

Étant donné que de nombreuses essences sont tributaires de sols riches en nutriments jusqu'en profondeur, la connaissance de la fertilité des sols est utile pour la planification. C'est pourquoi une meilleure prise en compte du contexte nutritif aidera au choix des essences. Ces travaux seront réalisés en 2023 et 2024.

### 4) *Assainissement par chaulage des stations acidifiées jusqu'en profondeur (vérification dans un essai de chaulage sur le terrain)*

L'essai d'assainissement de stations acidifiées jusqu'en profondeur par épandage de chaux est en cours en Suisse. La planification a débuté en 2017 par un atelier réunissant des participants issus de divers pays. Les résultats de l'atelier ont servi de base à la sélection des trois stations d'essai en Suisse (pour les essences sapin, hêtre, épicéa).

Les premiers résultats de l'essai (Tresch et al. 2022) ont été présentés au cours de la manifestation « Forum für Wissen » 2022 de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Les effets exercés sur le sol par le traitement à la chaux dolomitique dépendaient de l'essence et des caractéristiques de la station. Aux stations où les précipitations ont été les plus importantes (épicéa), on constate déjà après un an et demi des teneurs plus élevées en calcium dans la couche supérieure du sol, et donc une augmentation du rapport calcium/aluminium dans la solution du sol. Aux autres stations (sapin, hêtre), on ne constate que des tendances dans ladite solution. L'essai doit durer au moins huit ans, car la dissolution du calcaire est lente et les effets souhaités sur la phase solide du sol, c'est-à-dire le remplissage des réservoirs d'éléments nutritifs ainsi que l'impact favorisant la vie du sol, ne se manifesteront que petit à petit.

#### 4 Réalisation des mandats d'examen

Le délai pour l'établissement du rapport, fixé à fin 2022, n'a pas pu être respecté en raison de ressources en personnel insuffisantes. Au vu des résultats présentés dans le présent rapport, les mandats d'examen figurant dans le rapport du Conseil fédéral du 15 février 2017 sont remplis comme suit.

##### 4.1 Introduction du principe de causalité et éventuelles adaptations législatives qui en découlent pour le financement des mesures sylvicoles

Pour la mise en œuvre des mesures sylvicoles, y compris un éventuel chaulage, l'introduction du principe de causalité nécessiterait le financement des travaux suivants :

- **l'établissement de bases de planification** pour les mesures sylvicoles : il s'agit notamment de relevés de stations et d'analyses pédochimiques servant de base de décision (dépense unique) ; l'acquisition de bases de planification est actuellement soutenue par le programme partiel « Gestion des forêts » de la convention-programme dans le domaine des forêts ;
- **la compensation des pertes de rendement** en cas de renonciation à une récolte par arbres entiers (planifiée) ; le fait de laisser et de répandre des résidus de récolte dans le peuplement (nécessite beaucoup de travail) ;
- **le chaulage** des stations nécessitant un assainissement.

La LPE prévoit le principe de causalité à son art. 2. Il s'agit en effet d'éviter que les coûts engendrés par des activités polluantes soient répercutés sur la collectivité. L'application du principe de causalité suppose toutefois que les responsables d'un dommage soient connus et que le dommage soit quantifiable dans la mesure du possible. Cette nécessité pose problème lorsqu'il n'est pas possible d'identifier clairement les responsables d'une atteinte à l'environnement. Les principaux responsables des apports eutrophisants et acidifiants dans les forêts suisses sont l'agriculture, les transports et l'industrie.

Le financement de la réduction ou de la réparation des dommages environnementaux par le biais d'une taxe d'incitation a déjà été proposé dans la motion 94.3005, déposée le 27 janvier 1994 par la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil des États (CEATE-CE) et intitulée « Introduction de taxes d'incitation sur les engrais minéraux, les excédents d'engrais de ferme et produits pour le traitement des plantes »<sup>3</sup>. En réponse à cette motion, le rapport du Conseil fédéral daté du 21 mai 2003<sup>4</sup> précisait ce qui suit.

- a. Il ne sera pas introduit de taxes d'incitation sur les engrais minéraux, les excédents d'engrais de ferme et les produits phytosanitaires. Les risques environnementaux liés à l'utilisation de ces substances peuvent être réduits efficacement par une mise en œuvre et une application conséquentes des instruments de politique environnementale et agricole actuellement disponibles.
- b. Seule une taxe d'incitation sur les excédents d'engrais de ferme se justifierait pour des raisons écologiques. Ce problème doit toutefois être réglé au moyen des instruments d'encouragement spécifiques prévus par l'art. 62a LEaux.
- c. Les émissions excessives d'ammoniac de l'agriculture doivent être réduites au moyen d'un renforcement des mesures s'inscrivant dans le cadre de l'exécution de l'ordonnance sur la protection de l'air, ainsi que par une meilleure adaptation de la fumure et de l'exploitation des sols aux potentiels de production des exploitations dans les régions vulnérables.

La problématique de l'acidification des sols forestiers est due aux mêmes émissions (azote) que celles mentionnées dans la motion 94.3005 de la CEATE-CE comme cause des dommages environnementaux. L'application du principe de causalité pour financer la réduction d'éventuels dommages environnementaux causés par des dépôts acidifiants en forêt et leur réparation par chaulage n'est donc pas reprise. Depuis 2003, les instruments de politique environnementale et agricole existants ont en outre été développés et leur efficacité est examinée.

#### **4.2 Adaptations législatives en vue d'une éventuelle application du chaulage à grande échelle**

La protection des sols a pour objectif prioritaire la conservation à long terme de la fertilité des sols (cf. art. 33 ss LPE). En vertu de ces dispositions, le Conseil fédéral est tenu de prendre en compte la protection des sols dans plusieurs domaines environnementaux. Le mandat visant à conserver à long terme la fertilité des sols concerne notamment les dispositions d'exécution relatives à la protection de l'air et à l'utilisation de substances. Étant donné qu'une partie considérable des substances transportées par l'air parvient dans les forêts par le biais des dépôts et que cela entraîne une augmentation de la pollution des sols, le mandat de protection découlant de l'art. 33 ss LPE s'applique aussi à la conservation de la fertilité des sols forestiers. Il est impératif de maintenir et de développer la capacité de production des sols forestiers pour s'assurer d'un rendement en bois durable et garantir que les forêts remplissent leurs fonctions protectrice et sociale au sens de l'art. 20 de la loi sur les forêts (LFo, RS 921.0). Il convient donc d'adopter des dispositions visant à maintenir

---

<sup>4</sup> [FF 2003 4332 Rapport du Conseil fédéral sur la réduction des risques environnementaux liés aux engrais et aux produits phytosanitaires \(admin.ch\)](#)



et à améliorer la qualité des sols forestiers, afin de garantir que les forêts puissent remplir leurs fonctions.

L'épandage de chaux en dehors de projets de recherche ciblés nécessiterait une adaptation de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim, RS 814.81). Au sens strict, les produits calcaires sont des amendements minéraux basiques, qui sont listés dans l'ordonnance sur les engrais (OEng, RS 916.171) comme engrais au sens de l'ordonnance (art. 5 OEng). L'ORRChim règle à son annexe 2.6 (« Engrais ») l'utilisation des engrais, ainsi que les interdictions et les exceptions. Les chiffres suivants sont pertinents ici.

- Ch. 3.3.1, al. 5 (« Interdictions ») :  
Il est interdit d'épandre des engrais en forêt et sur une bande de 3 m de large le long de la zone boisée.
- Ch. 3.3.2, al. 2 (« Exceptions ») ; des exceptions peuvent être accordées par les services cantonaux spécialisés :  
*Par dérogation à l'interdiction au sens du ch. 3.3.1, al. 5, et sous réserve du ch. 3.3.1, al. 1 à 4, l'usage d'engrais en forêt et sur une bande de 3 m de large le long de la zone boisée peut être autorisé en dehors des zones de protection des eaux souterraines (art. 4 à 6), pour :*
  - a. *l'épandage de compost, de digestats solides et d'engrais minéraux :*
    - 1. *dans les pépinières forestières,*
    - 2. *lors d'afforestations ou de reboisements et lors d'ensemencements,*
    - 3. *sur des talus de routes forestières dont on veut développer la couverture végétale, ainsi que lors de stabilisations végétales,*
    - 4. *sur de petites surfaces dans le cadre d'essais scientifiques ;*
  - b. *l'épandage, sur les pâturages boisés, d'engrais de ferme, de compost et de digestats solides ainsi que d'engrais minéraux exempts d'azote.*

Une autre exception devrait donc être introduite pour l'épandage de chaux en forêt. La réglementation correspondante pourrait être formulée comme suit :

*Annexe 2.6, ch. 3.3.2 (« Exceptions »), al. 2, let. c*

*Par dérogation à l'interdiction au sens du ch. 3.3.1, al. 5, et sous réserve du ch. 3.3.1, al. 1 à 4, l'usage d'engrais en forêt et sur une bande de 3 m de large le long de la zone boisée peut être autorisé en dehors des zones de protection des eaux souterraines (art. 4 à 6), pour :*

*c. l'épandage en forêt d'amendements minéraux<sup>5</sup>, dans la mesure où cela se fait sur des sols acidifiés jusqu'en profondeur et appauvris en éléments nutritifs.*

## 5 Financement

L'application du principe de causalité a été rejetée en référence à la réponse donnée en 2003 à la motion 94.3005 de la CEATE-CE.

Pour un éventuel financement, indépendamment du principe de causalité, il serait nécessaire d'introduire un nouvel élément d'encouragement à l'art. 38a LFo (« Gestion des forêts »). Cette possibilité sera étudiée lors de l'élaboration de la

Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050. L'article pourrait être formulé comme suit :

*Art. 38a, al. 1, let. h, LFo*

La Confédération accorde des aides financières pour des mesures qui améliorent la rentabilité de la gestion des forêts selon les principes de développement durable, notamment pour :

*h. les mesures sylvicoles qui servent à corriger et éliminer les conséquences des apports atmosphériques dans la forêt, notamment pour l'épandage d'amendements minéraux sur les sols appauvris jusqu'en profondeur.*

Une estimation de l'impact financier figure dans le tableau en annexe du présent document.

## 6 Conclusions

Les conclusions du présent rapport sont les suivantes :

- Il convient de renoncer à l'application du principe de causalité pour financer la réduction et l'élimination d'éventuels dommages environnementaux en forêt. Un nouvel examen du rapport en réponse à la motion 94.3005 de la CEATE-CE a montré que cela restait pertinent, d'autant plus que les mesures de protection de l'air ont encore été renforcées depuis 2003.
- Les adaptations législatives proposées en ce qui concerne la LFo et l'ORRChim permettraient aux exploitants forestiers de chauler leurs forêts.
- Une participation aux coûts d'éventuelles mesures sylvicoles et de chaulage de la part de la Confédération avec des moyens issus de la convention-programme dans le domaine des forêts devrait être examinée. Ainsi, les risques que représentent les dépôts seraient reconnus. Ces risques sont dus à des causes externes, les propriétaires forestiers ne pouvant exercer une quelconque influence.

Les mesures présentées ici pour améliorer le bilan nutritif et la gestion durable des forêts doivent être intégrées à la Stratégie intégrale pour la forêt et le bois 2050 commissionnée par le DETEC. L'examen approfondi des conséquences financières doit également être effectué dans le cadre de ladite stratégie. Les moyens financiers nécessaires doivent être compensés dans le crédit forêt.

Pour le Conseil fédéral, la priorité reste de réduire les émissions d'azote à la source, notamment parce que c'est la méthode la plus efficace et que cela permet d'éviter des dommages à l'avenir. Le 1<sup>er</sup> novembre 2023, il a ainsi annoncé que, dans le cadre de la mise en œuvre de l'initiative parlementaire 19.475 « Réduire le risque de l'utilisation de pesticides » et de la motion 22.3795 « Demande de révision à la baisse de l'objectif de réduction des pertes des éléments fertilisants », les pertes d'azote devraient être réduites d'au moins 15 % d'ici à 2030 (par rapport à la valeur moyenne des années 2014 à 2016). En fonction des mesures concrètes prises pour atteindre cet objectif, des répercussions positives sur le bilan nutritif des forêts devraient également se faire sentir.

## 7 Bibliographie

- BAFU 2023. Switzerland's Informative Inventory Report 2023 (IIR) – Submission under the UNECE Convention on long range transboundary air pollution. Berne: Federal Office Environment. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/iir\\_che\\_2023.pdf.download.pdf/IIR\\_CHE\\_2023.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/iir_che_2023.pdf.download.pdf/IIR_CHE_2023.pdf)
- Bobbink R, Loran C, Tomassen H. 2022. Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. UBA-Texte 110/2022, 358 p. ISSN 1862-4804.
- Braun 2015, unter Mitwirkung von Belyazid S, Burger T, Stocker R, Kurz D, Remund J, Rihm B. 2015. Erfassung und Behandlung gefährdeter Waldstandorte, 173 S. Rapport sur mandat de l'OFEV. [Erfassung und Behandlung](#).
- Braun S, Schindler C, Rihm B. 2017, Growth trends of beech and Norway spruce in Switzerland : The role of nitrogen deposition, ozone, mineral nutrition and climate. Science of the Total Environment 599-600 : 637-646. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.230>.
- Braun S, Schindler C and Rihm B. 2020. Foliar Nutrient Concentrations of European Beech in Switzerland: Relations with Nitrogen Deposition, Ozone, Climate and Soil Chemistry. Front. For. Glob. Change 3:33. doi : 10.3389/ffgc.2020.00033.
- Braun S, Hopf S-E, Tresch S, Remund J and Schindler C. 2021. 37 Years of Forest Monitoring in Switzerland : Drought Effects on Fagus sylvatica. Front. For. Glob. Change 4:765782. doi : 10.3389/ffgc.2021.765782.
- CH2018 (2018). CH2018 - Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp. ISBN : 978-3-9525031-4-0. [https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/klima/CH2018\\_Technical\\_Report\\_v2.pdf.download.pdf/CH2018\\_Technical\\_Report\\_v2.pdf](https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/klima/CH2018_Technical_Report_v2.pdf.download.pdf/CH2018_Technical_Report_v2.pdf)
- De Witte LC, Rosenstock NP, van der Linde S, Braun S. 2017. Nitrogen deposition changes ectomycorrhizal communities in Swiss beech forests. Science of the Total Environment 605-606 : 1083-1096. DOI : [10.1016/j.scitotenv.2017.06.142](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.142)
- Etzold S, Zweifel R. 2018. TreeNet – Daten und Analysen der ersten fünf Messjahre. Mit Beiträgen von: Haeni M, Burri S, Braun S, Walthert L, Dawes M, Buchmann N, Haeler E, Köchli R, Schaub M, Eugster W. WSL Bericht 72. 69 S.
- Braun 2015, unter Mitwirkung von Belyazid S, Burger T, Stocker R, Kurz D, Remund J, Rihm B. 2015. Erfassung und Behandlung gefährdeter Waldstandorte, 173 S. Rapport sur mandat de l'OFEV. [Erfassung und Behandlung](#).
- Kohler M, Kunz J, Herrmann J, Hartmann P, Jansone L, Puhmann H, von Wilpert K, Bauhus J. 2019. The Potential of Liming to Improve Drought Tolerance of Norway Spruce [Picea abies (L.) Karst.] Front. Plant Sci. 10:382. doi : 10.3389/fpls.2019.00382
- Stratégie fédérale de protection de l'air du Conseil fédéral 2009. [Stratégie fédérale de protection de l'air. FF 2009 5941. FF 2009 5941 - Rapport. Stratégie fédérale de protection de l'air \(admin.ch\)](#)
- Mellert KH, Canullo R, Mette T, Ziche D, Göttlein A. 2018. Die klimatische Trockengrenze häufiger Baumarten hängt vom Bodennährstoffstatus ab. Schweiz Z Forstwes 169 : 323-331.
- Rihm B, Braun S, Kurz D. 2023. Verwitterungskarte für Waldböden der Schweiz. Schweiz Z Forstwes 174 : 40-43.
- Tresch S, Hopf SE, Braun S. 2022. Pilotprojekt Experimentelle Kalkung von Waldstandorten: Hintergrund und erste Ergebnisse. In : WSL (Ed.). (2022). Waldböden - intakt und funktional. WSL Berichte 126. Forum für Wissen 2022, S. 65-70. [doi.org/10.55419/wsl:31996](https://doi.org/10.55419/wsl:31996)

Tresch S, Roth T, Schindler C, Hopf SE, Remund J, Braun, S. 2023. The cumulative impacts of droughts and N deposition on Norway spruce (*Picea abies*) in Switzerland based on 37 years of forest monitoring. *Science of the Total Environment*. 892.

Van der Linde S et al. 2018, Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* 558 : 243-249. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0189-9>

Von Wilpert K, Hartmann P, Puhmann H, Gärtig T, Schäffer J, Thren M. 2020. Trägt die Bodenversauerung zu den aktuellen Waldschäden bei ? AFZ-Der Wald 2020. tiré à part Wilpert Bodenzustand Kalkung.indd

Schlussbericht des Projekts ‚Nitrate leaching risks mapping‘ (NitLeach II). Birmensdorf, Institut fédéral de recherches WSL ; Witterswil, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie ; Bern, Meteotest, 46 S. NitLeach Schlussbericht 21 mitAnhangBraun.pdf (ethz.ch)

## Annexe

Le tableau ci-après présente un aperçu de l'éventuel besoin de réglementation ainsi que des questions aux aspects technique et financier.

Mesure	Besoin de réglementation	Aspect technique	Aspect financier <sup>1</sup>
Élaboration de recommandations pour une récolte de bois durable sur le plan des nutriments	Non, peut être mis en œuvre avec les réglementations existantes	Confédération : mise à disposition de bases techniques Cantons : acquisition de bases cantonales (connaissance des stations)	Confédération : faible (couverture par le budget ordinaire) Cantons/propriétaires de forêts : faible
Élaboration de recommandations pour la prise en compte du contexte nutritif lors du choix des essences	Non, peut être mis en œuvre avec les réglementations existantes	Non	Confédération : mise en œuvre dans l'outil, besoin faible, couvert par le budget ordinaire Cantons : budget via convention-programme
Assainissement par chaulage des stations acidifiées jusqu'en profondeur	Oui	Cantons : acquisition de bases de planification	<u>Bases de planification</u> - Confédération : faible, couvert par le budget ordinaire - Cantons : faible <u>Mise en œuvre</u> - Confédération : modéré - Cantons : modéré - Propriétaires forestiers : frais résiduels, le cas échéant

### <sup>1</sup> Estimation des coûts

#### **Sols forestiers nécessitant un assainissement**

Sols forestiers dont la saturation en bases est < 20 % : environ 10 % des sols forestiers ;  
surface forestière = 1,3 million d'ha,

Sols forestiers nécessitant un assainissement = 10 % x 1,3 million d'ha = 130 000 ha ; surface chaulée (estimée à env. 50 % de cette surface) : 65 000 ha ;

#### **Coût du chaulage**

3 t de dolomite / ha = 300 euros y compris mise en œuvre (valeur utilisée en Allemagne et en Autriche) ;

65 000 ha (sols forestiers nécessitant un assainissement) x 300 euros = 19 500 000 euros ;

19,5 millions d'euros (= francs suisses) répartis sur 30 ans (durée de l'assainissement) = 650 000 francs / an.

Sur ce montant, 40 % des coûts donnant droit à une contribution peuvent être pris en charge par la Confédération, soit 7,8 millions de francs (260 000 francs / an).