

Andrea R. Pluess, Sabine Augustin et Peter Brang  
(Rédaction)

# Forêts et changements climatiques

Éditeurs

Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne

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

Andrea R. Pluess, Sabine Augustin et Peter Brang  
(Rédaction)

# **Forêts et changements climatiques**

Éléments pour des stratégies d'adaptation

#### Référence bibliographique

Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Réd.), 2016. Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d'adaptation. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne; Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf; Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne. 455 p.

#### Exemple de référence d'un chapitre

Auteurs du chapitre, 2016. Titre du chapitre. Dans: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Réd.), Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d'adaptation. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne; Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf; Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne. x–y.

Cet ouvrage est également disponible en allemand (ISBN 978-3-258-07995-0):

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

La langue originale du rapport est l'allemand.

Les chapitres ont été soumis à une évaluation scientifique.

Andrea R. Pluess

Dr. Phil., dipl. Biologin, Universität Basel

Collaboratrice scientifique, Programme de recherche « Forêts et changements climatiques »

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

Sabine Augustin

Dr. forest., Dipl.-Ing. agr., Universität Göttingen

Directrice du Programme de recherche « Forêts et changements climatiques »

Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne

Peter Brang

Dr. sc. nat. ETH, dipl. Forstingenieur, ETH Zürich

Directeur du Programme de recherche « Forêts et changements climatiques »

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

1<sup>re</sup> édition, 2016

ISBN 978-3-258-07995-7

Tous droits réservés.

Copyright © 2016 by Haupt, OFEV, WSL

Toute reproduction sans autorisation de l'éditeur est interdite.

Lectorat : Martin Moritzi, Lisa Bose, WSL

Traduction : Yves Rosset, Berlin (D); Michèle Kaennel Dobbertin, Muri (AG);

Milena Hrdina, Bienne (BE); Anne Berger, Bolligen (BE); Aude Thalmann, Linguagora, Nantes (F);

Virginie Linder, Linder Traductions Sàrl, Anet (BE)

Correction d'épreuves : Michèle Kaennel Dobbertin, Muri (AG)

Mise en page : Sandra Gurzeler, Jacqueline Annen, WSL

Page de couverture : Daniela Vacas, Haupt

Photos des pages de couverture : Simon Speich, Ueli Meier, Lorenz Walthert, Ueli Ryter,

Markus Bolliger, Ulrich Wasem

Printed in Germany

[www.haupt.ch](http://www.haupt.ch)

# Table des matières

Avant-propos	7
Remerciements	9
<b>1</b> Une initiative suisse de recherche sur la forêt dans le contexte des changements climatiques	13
Peter Brang, Sabine Augustin, Julia Born et Andrea R. Pluess	
<b>2</b> Climat, régime hydrique et cycles biogéochimiques	21
2.1 Changements climatiques en Suisse – définition de paramètres climatiques relatifs à la forêt	23
Jan Remund, Georg von Arx, Laure Gallien, Martine Rebetez, Barbara Huber et Niklaus E. Zimmermann	
2.2 Régime hydrique des forêts et accroissement de la sécheresse	41
Martin Scherler, Jan Remund et Lorenz Walthert	
2.3 Flux d'éléments nutritifs – les cas de l'azote et des cations basiques	63
Peter Waldner, Sabine Braun, Daniel Kurz et Anne Thimonier	
<b>3</b> Conséquences des changements climatiques sur la forêt	77
3.1 Écophysiologie : les réactions des arbres forestiers aux changements climatiques	79
Matthias Arend, Sabine Braun, Alexandre Buttler, Rolf T.W. Siegwolf, Constant Signarbieux et Christian Körner	
3.2 Variation génétique et adaptation locale des essences forestières sous le signe des changements climatiques	97
Felix Gugerli, Aline Frank, Christian Rellstab, Andrea R. Pluess, Barbara Moser, Matthias Arend, Christoph Sperisen, Thomas Wohlgemuth et Caroline Heiri	
3.3 Régénération du hêtre et de l'épicéa dans le contexte des changements climatiques	119
Thomas Wohlgemuth, Laure Gallien et Niklaus E. Zimmermann	
3.4 Croissance des arbres individuels : effets du climat	143
Brigitte Rohner, Sabine Braun, Pascale Weber et Esther Thürig	
3.5 Modifications potentielles de la surface terrière à l'échelle du peuplement dans le contexte des changements climatiques	163
Nicolas Bircher, Maxime Cailleret, Andreas Zingg et Harald Bugmann	
3.6 Mortalité des arbres forestiers : causes et tendances	183
Sophia Etzold, Jan Wunder, Sabine Braun, Brigitte Rohner, Christof Bigler, Meinrad Abegg et Andreas Rigling	
3.7 Répartition des essences forestières et adéquation des stations	205
Niklaus E. Zimmermann, Dirk R. Schmatz, Laure Gallien, Christian Körner, Barbara Huber, Monika Fehner, Meinrad Küchler et Achilleas Psomas	

## Table des matières

3.8	Évolution potentielle du danger d'incendie de forêt dans le contexte des changements climatiques Gianni Boris Pezzatti, Antonella De Angelis et Marco Conedera	229
3.9	Les scolytes et la sensibilité de l'épicéa aux infestations dans le contexte des changements climatiques Oliver Jakoby, Golo Stadelmann, Heike Lischke et Beat Wermelinger	251
<b>4</b>	<b>Conséquences des changements climatiques sur les prestations forestières</b>	<b>271</b>
4.1	Impacts des changements climatiques sur les prestations des forêts protectrices Peter Bebi, Harald Bugmann, Peter Lüscher, Benjamin Lange et Peter Brang	273
4.2	Impacts des changements climatiques sur l'avifaune des forêts de montagne Kurt Bollmann et Veronika Braunisch	291
4.3	Évaluation économique de stratégies sylvicoles sur le Plateau suisse face aux changements climatiques Bernhard Pauli, Barbara Stöckli, Niels Holthausen et Christian Rosset	315
<b>5</b>	<b>Options de gestion pour atténuer les conséquences des changements climatiques sur les prestations forestières</b>	<b>343</b>
5.1	Stratégies sylvicoles et changements climatiques Peter Brang, Christian Kuchli, Raphael Schwitter, Harald Bugmann et Peter Ammann	345
5.2	Conservation des ressources génétiques dans la forêt suisse – situation actuelle et nécessité d'agir face aux changements climatiques Christoph Sperisen, Andrea R. Pluess, Matthias Arend, Peter Brang, Felix Gugerli et Caroline Heiri	371
5.3	Potentiel des essences exotiques dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques Peter Brang, Andrea R. Pluess, Anton Bürgi et Julia Born	391
5.4	Échange de connaissances et controlling: les facteurs clés d'une gestion forestière adaptative Nora Zürcher-Gasser, Kathrin Kühne, Jean-Jacques Thormann, Christoph Küffer, Raphael Schwitter, Samuel Zürcher et Monika Frehner	413
<b>6</b>	<b>Messages et recommandations concernant la forêt dans le contexte des changements climatiques</b> Andrea R. Pluess, Sabine Augustin et Peter Brang	<b>427</b>
<b>7</b>	<b>Annexe</b> Liste des projets	<b>447</b>

# Avant-propos

Le climat change à une vitesse telle qu'il est juste de se demander si les forêts seront à même avec leurs seuls processus naturels de s'adapter suffisamment vite aux nouvelles conditions et de continuer à remplir leurs fonctions. En Suisse, le réchauffement s'élève à près de 1,8°C depuis le début de l'industrialisation, et l'objectif global de 1,5 à 2°C visé par l'Accord de Paris sur le climat se traduira par une hausse supplémentaire de 1 à 2°C. Pour les forêts, cela signifie que les changements climatiques auront un impact significatif même si les objectifs visés dans le cadre des négociations internationales sur le climat sont atteints. Le Plan d'action du Conseil fédéral sur l'adaptation aux changements climatiques (OFEV 2014) relève aussi que les arbres qui aujourd'hui amorcent leur croissance connaîtront durant leur existence des conditions climatiques fort différentes des conditions actuelles.

Ainsi, d'importantes prestations que fournit la forêt sont compromises à moyen ou à long terme. Pour favoriser l'adaptation de la forêt et maintenir ses prestations – effets protecteurs, approvisionnement en matières premières et en énergie, refuge pour la biodiversité et autres services –, il est indispensable de concevoir des stratégies sylvicoles qui faciliteront la transition vers les nouvelles conditions climatiques. Autant de raisons qui ont motivé l'Office fédéral de l'environnement et l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage à lancer en 2009 le programme de recherche « Forêts et changements climatiques ». Le programme se proposait de réunir des connaissances de base sur les multiples stations forestières en Suisse afin que tous les protagonistes – services forestiers, exploitants, propriétaires forestiers, décideurs politiques – puissent mieux cerner les risques liés aux changements climatiques et axer la régénération et l'entretien de la forêt vers une meilleure capacité d'adaptation et de résilience.

Le présent ouvrage est une synthèse scientifique de ces recherches. Présentés sous forme de contributions thématiques, les résultats sont mis en perspective et comparés avec la recherche internationale. Le programme compte plus de 40 projets de recherche auxquels ont participé non seulement l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, mais aussi l'Université de Bâle, l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETH), l'Institut Paul Scherrer (PSI), la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL), l'Institut de biologie végétale appliquée (IAP), la société Meteotest, et de nombreux bureaux d'ingénieurs.

Les projets de recherche et leur synthèse montrent dans quelle mesure les changements climatiques vont influencer la forêt et ses prestations. Ils constituent la base qui servira à développer des recommandations pratiques sur le choix des essences et sur la sylviculture pour permettre de maintenir les diverses fonctions de la forêt. Les résultats sont aussi une base de réponses aux questions concrètes p.ex. les risques des changements climatiques pour l'épicéa ou l'utilisation d'espèces exotiques.

Le programme de recherche « Forêts et changements climatiques » se terminera en 2017. Il est essentiel pour la lutte contre les changements climatiques et l'adaptation à leurs effets. Ses résultats contribuent à la mise en œuvre de la Stratégie du Conseil fédéral sur l'adaptation aux changements climatiques en Suisse (OFEV 2012 a), de la Politique forestière 2020 (OFEV 2013) et de la Stratégie Biodiversité Suisse (OFEV 2012 b). Ils permettent aussi la mise

## Avant-propos

en œuvre de l'article 28a *Mesures à prendre face aux changements climatiques* de la loi révisée sur les forêts que le Parlement a adoptée au printemps 2016.

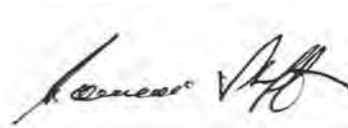
Toutes les connaissances acquises avec ce programme de recherche n'empêchent pas que des incertitudes subsistent qui sont dues entre autre au nombre des scénarios possibles. Avec les changements climatiques en cours, d'autres questions vont se poser, qui seront à traiter scientifiquement. Enfin, il sera indispensable d'assurer un suivi intensif qui fournira des informations sur l'état de la forêt et son évolution.

Le présent ouvrage laisse seulement deviner l'importance des ressources humaines et financières qui sous-tendent la recherche et la coordination du programme. Aussi, ne voulons-nous pas manquer d'adresser nos plus vifs remerciements à toutes les personnes concernées.



Josef Hess

Sous-directeur  
Office fédéral de l'environnement OFEV



Konrad Steffen

Directeur  
Institut fédéral de recherches sur  
la forêt, la neige et le paysage WSL

## Bibliographie

- OFEV, 2012 a. Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action. Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral du 2 mars 2012. Office fédéral de l'environnement, Berne. 66 p.
- OFEV, 2012 b. Stratégie Biodiversité Suisse. Élaborer une stratégie en faveur du maintien et du développement de la biodiversité. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. 89 p.
- OFEV, 2013. Politique forestière 2020 – Visions, objectifs et mesures pour une gestion durable des forêts suisses. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. 68 p.
- OFEV, 2014. Adaptation aux changements climatiques. Plan d'action 2014–2019. Deuxième volet de la stratégie du Conseil fédéral du 9 avril 2014. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. 100 p.