

Interreg

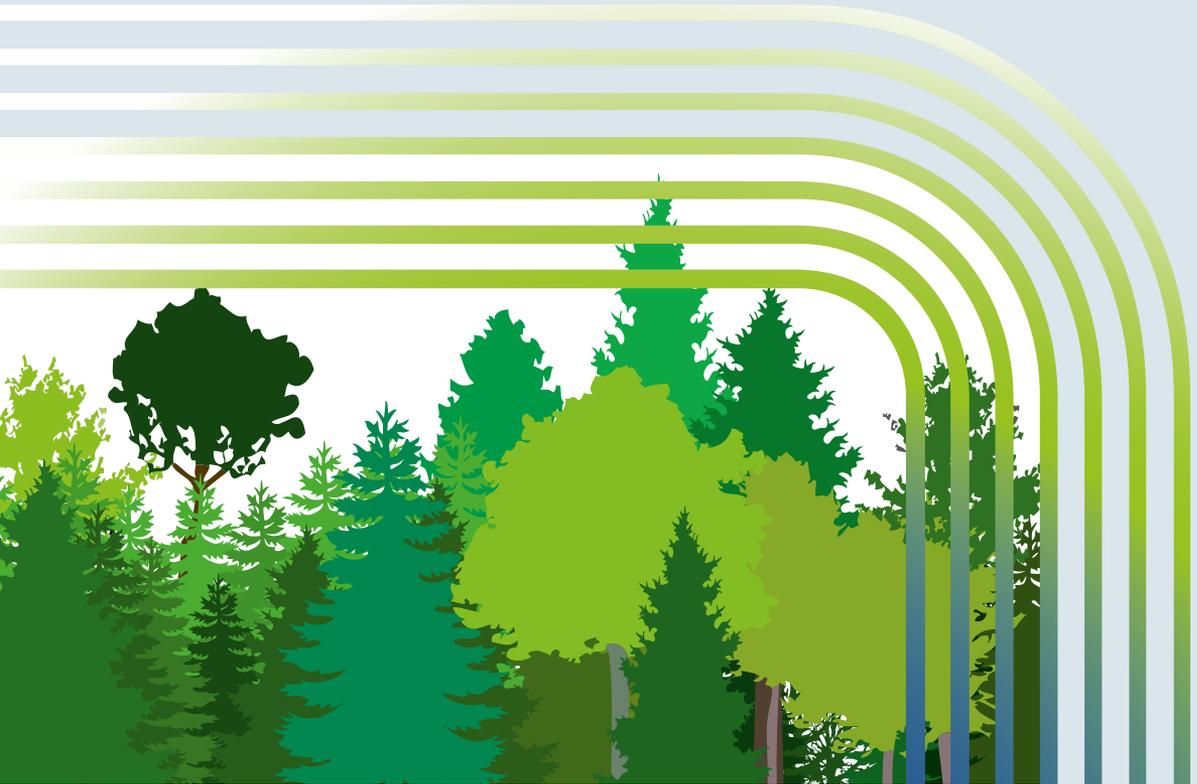
Alpine Space

ALPTREES

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



Gestion

**des arbres non indigènes des forêts
de l'espace alpin**

Aleksander Marinšek | Anja Bindewald |
Florian Kraxner | Nicola La Porta |
Petra Meisel | Katharina Lapin

ALPTREES

GESTION DES ARBRES NON INDIGÈNES DES FORÊTS DE L'ESPACE ALPIN

ISBN 978-3-903258-56-3

Publié par: BFW Vienne / Autriche

Édité by: Aleksander Marinšek, Anja Bindewald,
Florian Kraxner, Nicola La Porta, Petra Meisel, Katharina Lapin

Auteurs des textes: Ajša Alagić, Bénédicte Baxerres,
Frédéric Berger, Anja Bindewald, Sylvain Bouquet,
Giuseppe Brundu, Patricia Detry, Isabel Georges,
Sonia Abluton, Quentin Guillory, Reneema Hazarika,
Janez Kermavnar, Lado Kutnar, Katharina Lapin,
Aleksander Marinšek, Eric Mermin, Anja Müller-Meißner,
Janine Oettel, Werner Ruhm, Olaf Schmidt, Silvio Schuler,
Anica Simčič, Uwe Starfinger, Martin Steinkellner,
Simon Zidar, Martin Braun, Paolo Varese,
Dmitry Schepaschenko, Andrey Krasovski

Photographies: Aleksander Marinšek, Anja Bindewald,
Isabel Georges, Lado Kutnar, Robert Brus, Ali Kavgaçi,
S. De Danieli, Cumhuri Güngöroğlu, Dave Powell,
Luka Krajnc, Robert Vidéki, Harvey Barrison, Paolo Varese,
Olaf Schmidt, Maarten De Groot

Relecture: Stephan Stockinger

Design: Gerald Schnabel

Imprimé par: X

Circulation: X copies

Année de publication: 2022

Prix: Free of charge

Citation: Marinšek, A., Bindewald, A., Kraxner, F., La Porta,
N., Meisel, P., Lapin, K. (eds.). 2022. Gestion des arbres non
indigènes des forêts de l'espace alpin. 143 p.

Ce guide a été préparé dans le cadre du projet ALPTREES (code ASP791), qui est cofinancé par la Commission européenne par le biais du mécanisme financier INTERREG de l'Espace alpin.

Le programme INTERREG de l'Espace Alpin est un programme européen de coopération transnationale pour la région alpine. Il fournit un cadre pour faciliter la coopération entre les principaux acteurs économiques, sociaux et environnementaux dans sept pays alpins, ainsi qu'entre les différents niveaux institutionnels. Le programme est financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) ainsi que par un cofinancement national public et privé dans les États partenaires.

Interreg
Alpine Space
ALPTREES

European Regional Development Fund



SOMMAIRE

Avant-propos	7
Remerciements	10
Risques et avantages des arbres non indigènes dans l'espace alpin	11
Les impacts du changement climatique sur les forêts	13
Principes de gestion durable des plantations des arbres non indigènes	19
Evaluation du risque de plantations forestières d'arbres non indigènes dans l'espace alpin	29
Les arbres non indigènes: entre sylviculture et conservation de la nature	41
Perception des arbres non indigènes par les parties prenantes de l'espace alpin	49
Services écosystémiques fournis par les arbres non natifs à prendre en considération lors d'évaluation du rapport risques	55
Les réglementations des espèces (arbres) non indigènes dans l'espace alpin	63
Slovenie	63
Allemagne	65
France	68
Autriche	71
Italie	76
Suisse	78
Etude de cas du <i>Juglans nigra</i>	83
Introduction d'arbres non natifs dans la gestion des forêts et des sites natura 2000 de la vallée de Suze (Piémont - Italie) - une étude de cas italien pour ALPTREES	87
Diagnostic forestier – Une étude de cas français pour ALPTREES	93

ARBRES NON INDIGENES SELECTIONNES DANS LA ZONE FORESTIERE DE L'ESPACE ALPIN

<i>Fraxinus pennsylvanica</i> MARSHALL	102
<i>Juglans nigra</i> L.	104
<i>Larix kaempferi</i> (LAMB.) CARR.	106
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	108
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (MIRB.) FRANCO	110
<i>Tsuga canadensis</i> (L.) CARRIÈRE	112
<i>Thuja occidentalis</i> L.	114
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	116
<i>Quercus rubra</i> L.	118
<i>Abies bornmuelleriana</i> MATTF.	120
<i>Abies cephalonica</i> LOUDON	122
<i>Abies grandis</i> (DOUGLAS EX D. DON) LINDLEY ...	124
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> (ASCH. & SINT. EX BOISS.) COODE & CULLEN ...	126
<i>Acer negundo</i> L.	128
<i>Cedrus libani</i> A. RICH.	130
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. MURRAY BIS) PARL.	132
<i>Ailanthus altissima</i> (MILL.) SWINGLE	134
<i>Cedrus deodara</i> (ROXB.) G.DON	136
<i>Corylus colurna</i> L.	138
<i>Prunus serotina</i> EHRH.	140
<i>Paulownia tomentosa</i> (THUNB.) STEUD.	142
<i>Picea omorika</i> (PANČIĆ) PURK.	144
<i>Picea pungens</i> ENGELM.	146
<i>Picea sitchensis</i> (BONG.) CARR.	148
<i>Pinus strobus</i> L.	150
<i>Pinus wallichiana</i> A.B. JACKS.	152
<i>Populus</i> × <i>canadensis</i> MOENCH.	154

AVANT-PROPOS

Aleksander MARINŠEK, Katharina LAPIN

Le robinier noir (*Robinia pseudoacacia*) est un arbre à croissance rapide originaire de l'est de l'Amérique du Nord. Avec le cèdre blanc du Nord (*Thuja occidentalis*), il a été l'une des premières espèces d'arbres exotiques introduites en Europe il y a plus de 400 ans. Pour cette raison, nous classons le robinier faux-acacia comme une espèce d'arbre non indigène (ANN) en Europe. Plus précisément, nous le classons comme une ANN invasive en raison de ses caractéristiques. Le cèdre blanc du Nord, quant à lui, n'a pas développé de caractéristiques invasives et est donc simplement classé comme ANN. La présence de divers ANN (invasifs) dans l'espace européen est une réalité depuis leur introduction, et la région alpine ne fait pas exception. En moyenne, on estime que les ANN couvrent environ 4% des forêts européennes.

La plupart des ANN ont été introduits intentionnellement dans la région alpine. Ils ont été sélectionnés pour les zones forestières et urbaines pour leurs diverses caractéristiques positives: certaines ANN ont un rendement plus élevé, une plus grande valeur en bois, une grande valeur esthétique, des systèmes racinaires plus forts, etc. Seules quelques ANN sont arrivées dans la région alpine de manière non intentionnelle ou spontanée. De nombreuses espèces ont pénétré dans la région à un moment donné, mais la plupart ne se sont pas naturalisées et ne se sont donc pas établies. Au cours du projet ALPTREES, nous avons pu identifier plus de 530 ANN dans les forêts et les zones urbaines de l'espace alpin. La majorité de ces ANN ne se trouvent que dans les zones urbaines et fournissent des services écosystémiques non liés aux forêts.

Les conditions climatiques ont changé depuis les premières tentatives d'introduction des ANN dans nos forêts et nos villes. De plus, le changement climatique se produit plus rapidement dans l'espace alpin que dans d'autres zones, ce qui rend la région plus vulnérable. Le changement climatique a également modifié les caractéristiques de certains ANN établies, certains d'entre eux devenant plus compétitives et invasives dans ces nouvelles conditions - en particulier lorsque les

espèces d'arbres indigènes ne peuvent plus se développer de manière optimale dans leurs habitats forestiers en raison du changement climatique. Les recherches indiquent que certains ANN peuvent être mieux adaptés aux conditions climatiques changeantes, et nous devons donc envisager leur présence sur des sites spécifiques. Les conditions climatiques futures et l'augmentation des concentrations de CO₂ devraient affecter directement et indirectement l'adéquation des sites, la productivité, la composition des espèces et la biodiversité. Que nous considérions les ANN comme une menace ou un potentiel, ils doivent être systématiquement gérés - en particulier ceux qui sont déjà naturalisés et présents dans notre région. Bien que les ANN évoquent certainement toute une série d'associations et d'émotions différentes chez les gens, l'intégration minutieuse de ANN testés et appropriés dans les futures stratégies de gestion forestière peut offrir un grand potentiel d'adaptation et d'atténuation du changement climatique. Toutefois, dans les écosystèmes critiques et vulnérables tels que l'espace alpin, les risques et les avantages potentiels doivent être évalués de manière particulièrement approfondie avant que les décisions de gestion ne soient prises. En outre, la définition de ANN inclut des centaines d'espèces différentes avec des traits, des formes, des niches écologiques, des niveaux d'envahissement divers, etc. - souvent même au sein d'un même taxon. C'est pourquoi nous devons être prudents lorsque nous parlons de l'ensemble de la catégorie des ANN en termes généraux et nous devons envisager leur emploi au cas par cas, site par site, et objectif par objectif.

Qu'elles soient indigènes ou non, les mesures de gestion peuvent accroître la valeur écologique, économique et sociale des espèces d'arbres. La gestion des ANN doit reposer sur une connaissance approfondie de leurs caractéristiques écologiques et physiologiques. Plus important encore, leur gestion doit reposer sur deux aspects fondamentaux : l'expérience que nous avons déjà des ANN et une connaissance détaillée des avantages et des risques qui leur sont associés.

Les bénéfices attendus et les risques potentiels des ANN pour les régions géographiques européennes ont polarisé les opinions des experts et des citoyens. Les activités du projet ALPTREES

- qui fait partie du programme Alpine Space, un programme européen de coopération transnationale pour la région alpine
- sont conçues pour nous rapprocher de l'objectif essentiel de fournir une stratégie transnationale pour un système d'aide à la décision sur l'utilisation et la gestion responsables des espèces d'arbres non indigènes dans la région alpine.

<p>Les espèces d'arbres indigènes sont des espèces d'arbres qui se développent naturellement dans les forêts post-glaciaires de la région alpine.</p>	<p>Arbres non indigènes (ANN), également appelées espèces d'arbres „non indigènes“, „étrangères“, „introduites“, „allochtones“ ou „exotiques“ dans la région alpine, pures ou hybrides dont la présence est le résultat d'une introduction intentionnelle ou non par l'homme..</p>	
	<p>Les archéophytes comprennent les ANN introduites intentionnellement ou non dans la région alpine (principalement d'Asie et d'Afrique du Nord) et qui s'y sont naturalisées avant l'année 1492.</p>	<p>Les néophytes comprennent les ANN introduits intentionnellement ou non dans la région alpine et qui s'y sont naturalisés après l'année 1492 (lorsque Christophe Colomb est arrivé aux Amériques et que le commerce mondial des espèces non indigènes a commencé).</p>
	<p>Les arbres non invasives sont des ANN qui n'ont encore présenté aucune indication d'effets négatifs, ou dont les effets sont inconnus.</p>	<p>Les arbres (potentiellement) envahissants sont des ANN dont l'introduction, l'établissement et/ou la propagation présentent des risques potentiels ou réels pour la biodiversité indigène, les fonctions des écosystèmes ou les aspects socio-économiques, y compris la santé humaine.</p>



L'espace alpin (environ 450 000 km²) se compose de 48 régions et abrite environ 70 millions d'habitants.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été sélectionné et financé le 01.10.2019 par le programme Espace alpin, qui est financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) ainsi que par des cofinancements nationaux publics et privés des États partenaires.

Nous tenons également à remercier de nombreux experts pour leurs précieux avis sur les arbres non indigènes: Susanne Böll, Lars Kasper, Jean Ladier, Christophe Chauvin, Robert Brus, Anton Starkl, Christian Huber, Hannes Lindner, Eckhart Richter, Manuel Karopka, Peter Diessenbacher, Matjaž Mastnak, Michael Power, Frits Mohren, Jean Ladier, Olivier Forestier, Eric Paillasa et Stephan Stockinger.



RISQUES ET AVANTAGES DES ARBRES NON - INDIGENES DANS L'ESPACE ALPIN

Katharina LAPIN

Le changement climatique et l'activité humaine représentent des menaces majeures pour les écosystèmes de l'espace alpin. Par conséquent, des efforts d'adaptation sont nécessaires pour répondre aux effets négatifs attendus sur les environnements, les économies et les sociétés alpines. Les arbres non indigènes (ANN) peuvent contribuer à l'adaptation des forêts et des zones urbaines européennes au changement climatique, mais ils comportent simultanément des risques pour la biodiversité et les fonctions des écosystèmes. De nombreux efforts ont déjà été entrepris pour faire face à ces risques, mais il n'existe pas encore de recommandations ou de stratégies pour la gestion des ANN dans la région alpine au niveau européen, et très peu au niveau national/régional, qui prennent en compte les défis du changement climatique. Les ANN sont utilisés en Europe centrale depuis plus de 200 ans. Les principales motivations de leur introduction étaient l'augmentation de la production de bois et la résistance aux organismes nuisibles. En outre, la culture des ANN a été discutée comme une mesure d'adaptation efficace dans la sylviculture dans le contexte des impacts déjà perceptibles du changement climatique au cours des deux dernières décennies. Par exemple, certains des ANN testés jusqu'à présent présentent une résistance plus élevée aux conditions climatiques extrêmes, telles que la sécheresse, que les espèces indigènes. Parmi les autres avantages potentiels des ANN, citons les contributions à la bioéconomie locale et aux infrastructures vertes urbaines et périurbaines, ainsi que l'atténuation des risques naturels. D'autre part, la culture des ANN peut comporter certains risques écologiques tels que la perte de biodiversité dans les écosystèmes forestiers, le déplacement des espèces indigènes ou la modification des

sites. Du point de vue de la conservation de la nature, l'utilisation d'autres espèces d'arbres indigènes - ou d'autres provenances d'espèces existantes - est donc nettement préférable, dans la mesure du possible, dans le cas de conversions de forêts rendues nécessaires par le changement climatique. La sylviculture, quant à elle, voit dans l'augmentation de la culture de ANN une opportunité d'établir des peuplements mixtes résistants au changement climatique avec des performances de croissance élevées, tout en réduisant le risque d'échec des peuplements en raison de l'évolution des modèles climatiques. En outre, la perte d'importantes espèces indigènes de feuillus qui étaient considérées comme des options stables au cours du siècle précédent (frêne, orme, châtaignier, hêtre) doit déjà être compensée. La production durable de bois sur les terres gérées joue également un rôle essentiel. Néanmoins, la conservation de la nature et la sylviculture ont toutes deux pour objectif commun de continuer à assurer les importants services écosystémiques des forêts, tels que la prévention de l'érosion et la protection de l'eau, de la biodiversité et du climat, ainsi qu'une capacité de stockage du carbone aussi élevée que possible. Enfin, la culture des ANN peut également avoir un impact sur l'aspect paysager des forêts.

LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES FORETS

Martin BRAUN and Katharina LAPIN

Les projections montrent que le changement climatique aura un impact considérable sur les arbres forestiers en modifiant la fréquence, l'intensité, la durée et le moment d'apparition de facteurs tels que les précipitations, la sécheresse, les espèces non indigènes, les épidémies d'insectes et de pathogènes, les dommages causés par le vent et la glace, et le mouvement des masses gravitationnelles (Dale et al., 2001). On pense que les arbres ont une capacité d'adaptation limitée pour répondre aux températures extrêmes et aux changements climatiques et environnementaux rapides (Lindner et al., 2010). En outre, le changement climatique devrait être l'une des principales causes futures de la perte de biodiversité dans le monde (Sala, 2000), et les recherches montrent que l'extinction d'espèces de nombreux taxons suivra (Thomas et al., 2004). Il est désormais largement admis que le changement climatique est un phénomène mondial, que les émissions de CO₂ sont la principale cause du changement climatique et que la déforestation est actuellement responsable de près de 20 % des émissions mondiales annuelles de CO₂ (Diamandis, 2014).

Les impacts du changement climatique devraient être particulièrement graves dans la région alpine. Un changement du régime des précipitations entraînera probablement des épisodes de sécheresse plus intenses et plus fréquents pendant les étés (Fenning, 2014). Les sécheresses ont tendance à entraîner des réductions de la croissance et de l'absorption de CO₂ au cours des années suivantes (par exemple, l'étude sur les sécheresses estivales menée par Ciais et al., 2005), et les épisodes de sécheresse successifs affecteront probablement la qualité des arbres et augmenteront la mortalité, entraînant des changements dans la composition des espèces

et la structure des forêts. Un autre défi dans la région alpine est l'augmentation probable de la température moyenne, qui entraînera une augmentation de l'évaporation et donc de nouveaux changements dans les schémas de précipitations, ce qui pourrait entraîner des épisodes de sécheresse encore plus sévères ayant un impact sur la croissance et la résilience des forêts (Fenning, 2014). Bien que les incendies de forêt ne constituent pas actuellement un problème pressant dans l'espace alpin, leur intensité et leur fréquence sont également susceptibles d'augmenter (Dale et al., 2001). À grande échelle, les espèces et les communautés d'arbres forestiers subiront un stress accru, et la culture ne sera plus possible dans les zones de plaine, ce qui affectera fortement certains habitats et pourrait avoir des répercussions sur la diversité biologique. Les zones climatiques idéales pour de nombreuses espèces d'arbres en Europe vont se déplacer vers le nord et vers le haut. Pour les régions alpines, cela implique que le changement climatique modifiera encore la répartition de nombreuses espèces, avec un déplacement vers le haut de l'altitude pour diverses communautés végétales (Hastings et Turner, 1965) et un début de printemps plus précoce (selon les observations phénologiques) pour la plupart des espèces d'arbres. Les densités de population dites écologiquement efficaces servent de lignes directrices pour déterminer les densités minimales d'individus nécessaires pour maintenir les interactions critiques et assurer la résilience contre la dégradation des écosystèmes et les événements extrêmes (Soule et al., 2003).

Besoins d'adaptation des forêts

Les arbres non indigènes (ANN) sont parfois considérés comme une partie de la solution pour adapter les forêts aux conditions climatiques futures. La modélisation de l'enveloppe bioclimatique (par exemple, Araújo et Peterson, 2012; Pearson et Dawson, 2003) peut aider à fournir une première évaluation de la viabilité des ANN dans les conditions prévues. Par la suite, des facteurs tels que les interactions biotiques, les conditions du sol, les sites extrêmes, les changements évolutifs, la capacité de dispersion et le potentiel

d'adaptation des espèces d'arbres indigènes aux conditions climatiques futures doivent également être pris en compte de manière appropriée (Araújo et Peterson, 2012; Pearson et Dawson, 2003; Suttmöller et al., 2008), ainsi que le fait que de grandes zones de forêts dans l'espace alpin sont des forêts secondaires et ne reflètent pas la distribution naturelle potentielle (Brune, 2016).

Étant donné qu'aucun effort significatif n'a été fait au cours des deux dernières décennies pour atténuer la perte d'habitat et protéger la biodiversité, il est probable que davantage de zones devront être mises en réserve pour la conservation afin d'augmenter la résilience des forêts aux événements climatiques stochastiques. La sauvegarde et l'augmentation de la biodiversité sont considérées comme une étape importante pour renforcer la résilience des forêts de l'espace alpin face aux conditions climatiques futures. L'introduction et l'utilisation des ANN joueront un rôle ambigu dans ce contexte, car leur introduction dans les zones de conservation peut avoir des effets indésirables et involontaires sur la résilience des habitats. Les cas d'utilisation positifs potentiels, en revanche, peuvent soutenir la stabilisation des zones écologiquement compromises et garantir un approvisionnement constant en matières premières dans les conditions climatiques futures.

Le secteur forestier devra probablement s'adapter économiquement en raison de l'évolution des besoins en arbres appropriés, ce qui entraînera une diminution du bois tendre disponible pour une transformation ultérieure. Il en résultera un besoin de recherche et de développement concernant les technologies de transformation du bois dur, ainsi qu'une adaptation à une plus grande variété d'espèces d'arbres en général, afin d'utiliser et d'allouer de manière optimale l'approvisionnement en biomasse disponible. Dans ce contexte, les exigences d'adaptation dans l'espace alpin comprennent la culture d'espèces d'arbres appropriées provenant d'habitats similaires dans des régions climatiquement appropriées (c'est-à-dire, la migration assistée), respectivement l'introduction de NNT.

En ce qui concerne la sélection des arbres pour une utilisation future, les effets des facteurs environnementaux sur la résistance des arbres aux insectes (en direction et en inten-

sité) semblent dépendre des ressources disponibles, de l'intensité du stress supporté par l'espèce d'arbre individuelle (c'est-à-dire sa résilience), et de la nature des guildes d'insectes spécifiques (c'est-à-dire des groupes d'espèces qui exploitent la même ressource de manière apparentée) (Lieu-tier, 2006). Les étapes importantes à considérer en termes de gestion forestière sont donc les suivantes:

- L'étude de la dynamique potentielle des habitats induite par le climat et les efforts pour désigner davantage de zones pour la conservation ainsi que certaines pour l'intensification.
- Examen minutieux de l'adéquation climatique actuelle et future du matériel de propagation actuellement utilisé.
- Étude des risques, des avantages et des compromis pour l'écosystème de l'introduction d'espèces établies provenant de différentes provenances par rapport aux NNT.
- Analyse des effets potentiels sur l'habitat causés par l'introduction de NNT.
- S'assurer que les conditions préalables et les objectifs visés sont atteints dans les forêts disponibles pour l'approvisionnement en bois ainsi que dans les zones de conservation.

Bibliographie

- Araújo, M.B., Peterson, A.T. 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology* 93, 1527–1539. <https://doi.org/10.1890/11-1930.1>
- Brune, M. 2016. Urban trees under climate change. No. Report 24. Climate Service Center Germany, Hamburg.
- Ciais, Ph., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, Chr., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A.D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J.M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J.F., Sanz, M.J., Schulze, E.D., Vesala, T., Valentini, R. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437, 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J., Michael Wotton, B. 2001. Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience* 51, 723. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2)
- Diamandis, S. 2014. Forests Have Survived Climate Changes and Epidemics in the Past. Will They Continue to Adapt and Survive? At What Cost? In Fenning, T. (ed.), *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 767–781. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7076-8_34
- Fenning, T. (ed.). 2014. *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century*, Forestry Sciences. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7076-8>
- Hastings, J.R., Turner, R.M. 1965. *The changing mile: an ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semi-arid region*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Lieutier, F. 2006. Changing forest communities: Role of tree resistance to insects in insect invasions and tree introductions. In *Invasive Forest Insects, Introduced Forest Trees, and Altered Ecosystems*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 15–51.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J., Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259, 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>

- Pearson, R.G., Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Evaluating bioclimate envelope models. *Global Ecology and Biogeography* 12, 361–371. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x>
- Sala, O.E. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287, 1770–1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Soule, M.E., Estes, J.A., Berger, J., Del Rio, C.M. 2003. Ecological Effectiveness: Conservation Goals for Interactive Species. *Conservation Biology* 17, 1238–1250. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01599.x>
- Suttmöller, J., Spellmann, H., Fiebiger, C., Albert, M. 2008. Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland (No. 3), Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Townsend Peterson, A., Phillips, O.L., Williams, S.E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145–148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>



PRINCIPES DE GESTION POUR UNE PLANRTATION DURABLE DES ARBRES NON INDIGENES

Aleksander MARINŠEK

Les forêts de la région alpine constituent une partie importante du paysage et fournissent divers services et fonctions écosystémiques qui sont cruciaux pour les solutions basées sur la nature pour une société durable. Parmi les plus importantes, citons:

1. les fonctions productives (produits ligneux et non ligneux),
2. les fonctions de protection dans les endroits où les populations humaines et les écosystèmes sont menacés en permanence (érosion des sols, glissements de terrain, avalanches de neige, conservation de la biodiversité), et
3. les fonctions sociales telles que les loisirs, les fonctions esthétiques, et bien d'autres encore.

Les fonctions protectrices des forêts, qui ont un effet stabilisateur sur l'environnement naturel (purification et circulation de l'eau, précipitations, circulation de l'air, température, macro- et micro-climat), sont particulièrement importantes dans la région alpine. En outre, l'interdépendance des trois groupes de fonctions forestières dans la région alpine est profonde, et une gestion forestière bien planifiée est donc nécessaire. Les concepts de gestion durable des forêts doivent prendre en compte la compatibilité entre les fonctions forestières, les propriétés des écosystèmes (Führer, 2000) et les différentes parties prenantes. Si l'on ajoute à cette interconnexion des fonctions les exigences diverses des différentes parties prenantes, les effets croissants du changement climatique et la présence d'espèces d'arbres non indigènes (ANN) existantes et futures, une gestion forestière réussie peut devenir une tâche très difficile. En raison de la grande complexité et de l'hétérogénéité

de la gestion forestière globale, nous nous concentrerons uniquement sur les principes de gestion des ANN. Les principes de gestion forestière peuvent varier d'un pays à l'autre dans la région alpine, mais les principes de gestion pour une plantation durable des ANN devraient généralement être les mêmes. Et indépendamment du fait que les espèces soient indigènes ou non, les interventions de gestion peuvent augmenter leur valeur économique, écologique et sociale.

Les lignes directrices les plus importantes pour la gestion des forêts devraient être celles formulées par la Convention sur la diversité biologique (Deuxième conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe, CMPFE (16-17 juin 1993, Helsinki/Finlande)): "Les espèces indigènes et les provenances locales devraient être privilégiées le cas échéant. L'utilisation d'espèces, de provenances, de variétés ou d'écotypes en dehors de leur aire de répartition naturelle devrait être découragée lorsque leur introduction mettrait en danger des écosystèmes, une flore et une faune indigènes importants/précieux." Les ANN peuvent toujours être utilisées même si elles sont considérées comme envahissantes, si leurs impacts négatifs ne se produiront probablement pas dans la zone d'utilisation et si leurs populations peuvent être contrôlées avec peu d'efforts. Si possible, les espèces indigènes doivent toujours être préférées, tandis que les ANN peuvent être envisagées si elles sont clairement supérieures aux espèces indigènes pour atteindre les objectifs de gestion forestière (Stupak et al., 2011), ou si les espèces indigènes ne sont plus en mesure de remplir des fonctions forestières ou des services écosystémiques cruciaux. Mais il y a un risque si aucun impact négatif n'est identifié à court terme dans la zone où ils sont utilisés, ils se produiront très probablement à l'avenir. Par conséquent, les plantations d'ANN peut également être très controversée, car elles peuvent provoquer des changements environnementaux importants dans le cadre de plantations à grande échelle ou lorsqu'elles se régénèrent au-delà de leur zone d'introduction prévue dans les écosystèmes naturels (Pötzelsberger et al., 2020b).

Certaines espèces d'ANN existent dans nos forêts depuis des siècles, et d'autres arriveront dans un avenir proche. La réalité dans l'UE est qu'environ 4 % ou 8,5 millions d'hec-

tares de forêts européennes sont actuellement composés d'espèces d'ANN, avec de grandes différences régionales (Pötzelsberger, 2018; Brus et al., 2019). La plupart de ces ANN ont été introduits intentionnellement dans les forêts après avoir été initialement utilisés dans les parcs à des fins esthétiques, principalement à partir du 19e siècle (Nyssen et al., 2016). Les critères de sélection des espèces d'arbres étaient l'expérience, la facilité de culture, la productivité (attrait économique) et, dans certains cas, le potentiel d'amélioration des conditions du site (Pötzelsberger et al., 2020a).

En général, notre gestion des ANN dans la région alpine devrait être basée sur la législation européenne, nationale et sous-nationale, et en outre sur le fait qu'une espèce spécifique d'ANN:

- est établie depuis longtemps dans la zone/site forestier concerné (avec l'expérience correspondante que nous avons avec elle),
- est une nouvelle venue (ANN introduit spontanément ou involontairement),
- est une espèce que nous voulons promouvoir,
- est (potentiellement) invasive ou non,
- est nuisible à la santé humaine par le biais du pollen allergène ou d'autres tissus végétaux (en particulier dans les contextes urbains),
- présente des avantages, des risques ou les deux pour l'environnement, l'économie, la santé et le bien-être de l'homme.

Pour la gestion des ANN, nous devons donc d'abord savoir quels sont les ANN présents dans une zone donnée. Dans l'ensemble, Brus et al. (2019) ont déterminé au moins 145 ANN présents dans les forêts européennes (à l'exclusion des essais et des arboretums), dont près de la moitié proviennent d'Amérique du Nord. Avec un tel nombre d'ANN, les principes de gestion devraient généralement être basés sur notre expérience et nos connaissances ainsi que sur les risques et les avantages accompagnant la présence des ANN en vertu de la législation existante. Les trois instruments juridiques suivants sont pertinents pour l'introduction, l'utilisation et la gestion des ANN au niveau de l'UE: (1) la directive 1999/105/

CE du Conseil du 22 décembre 1999 concernant la commercialisation des matériels forestiers de reproduction, (2) la directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (la “directive Habitats”) et (3) le règlement (UE) n° 1143/2014 relatif à la prévention et à la gestion de l’introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes (EEE), qui inclut les ANN envahissants. En ce qui concerne les niveaux national et infranational, Pötzelsberger et al. (2020b) ont signalé 335 instruments juridiques pertinents réglementant l’utilisation des ANN en place dans les 116 unités juridiques géopolitiques étudiées à travers l’UE en juin/juillet 2019.

Seules certaines espèces d’ANN sont suffisamment connues et étudiées pour que nous soyons conscients qu’elles peuvent représenter à la fois des avantages et des risques dans un environnement en mutation. Parce que l’augmentation des concentrations de CO₂ et la poursuite du réchauffement climatique devraient affecter l’adéquation des sites, la productivité, la composition des espèces et la biodiversité. L’inadéquation entre le changement climatique et l’adaptation des arbres aura de graves répercussions sur la croissance et la composition des forêts - et donc des conséquences importantes pour la gestion et la conservation (McKenney et al., 2009). Les ANN peuvent faire partie de la solution adaptative à de tels changements dans les écosystèmes forestiers, mais ils présentent en même temps des risques pour la biodiversité et les fonctions des écosystèmes. Nous avons donc besoin d’un outil d’évaluation des risques approprié, spécialement pour les ANN (Bindewald et al., 2020), qui devrait être spécifique au site et d’actualité.

Au cours des derniers siècles, de nombreux ANN n’ont été testés et plantés qu’à petite échelle. La documentation de ces essais et plantations est fragmentaire et n’est pas disponible de manière centralisée (Pötzelsberger et al., 2020a). Nos écosystèmes forestiers changent radicalement en raison du réchauffement climatique croissant, et certains sites et types de forêts sont plus fortement envahis par les ANN que d’autres. Pour la région alpine, on s’attend à ce que certaines ANN - en particulier ceux qui ont un caractère invasif et

ont la capacité de s'adapter aux conditions changeantes des sites forestiers - se répandent spontanément dans nos forêts semi-naturelles, notamment *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Acer negundo*, *Quercus rubra*, et d'autres. Cette expansion au détriment de l'espace de croissance indigène constitue déjà un problème majeur du point de vue de la biodiversité et du fonctionnement de l'écosystème, et on s'attend à ce qu'il devienne encore plus grave. Depuis longtemps, nous sommes confrontés au phénomène des invasions par diverses ANN, et nous devons encore étudier trois aspects différents: le caractère invasif des espèces, l'invasibilité des écosystèmes et les impacts des espèces invasives. Les ANN invasifs affectent l'environnement à différents niveaux, notamment la compétition, l'hybridation, la transmission de maladies ou de parasites, et les impacts chimiques, physiques ou structurels (Blackburn et al., 2014). En ce qui concerne ces invasions, nos efforts doivent se concentrer sur les mesures de restriction et d'éradication incluses dans le plan de gestion respectif. Ces mesures comprennent des méthodes mécaniques, chimiques et biologiques pour éradiquer et restreindre la propagation des ANN. Pour empêcher la poursuite de la propagation d'espèces exigeantes en lumière comme le robinier faux-acacia et l'ailante en particulier, Meloni et al. (2016) suggèrent de s'abstenir d'ouvrir complètement la canopée dans les peuplements forestiers comme une mesure sylvicole particulièrement prometteuse. Nous devons également nous efforcer d'empêcher la propagation des ANN des plantations existantes vers des habitats sensibles et les zones tampons surveillées constituent une mesure appropriée à cet égard (Vor et al., 2015) - en particulier dans les paysages forestiers bien gérés et pour les ANN qui peuvent être facilement éliminés (espèces qui ne repoussent pas et ne forment pas de drageons).

Chaque fois que nous décidons de promouvoir certains ANN (testés) dans nos forêts, une sélection appropriée du matériel de provenance est essentielle, car certains ANN importants proviennent de vastes aires de distribution dans lesquelles de nombreuses races, écotypes et climats ont évolué (Pötzelsberger et al., 2020a). Lorsque l'on utilise des graines d'ANN et du matériel de plantation provenant de nos propres peuple-

ments de semences, il faut être conscient que la perte de diversité génétique et la consanguinité peuvent être un inconvénient (Wojacki et al., 2019): contrairement à de nombreuses espèces indigènes, les arbres introduits n'ont souvent pas de grandes populations dans leur zone d'introduction. Une autre question importante est la réponse des ANN aux conditions climatiques futures, et c'est dans ce domaine que les tests de provenance peuvent être utiles. Par exemple, une provenance qui fonctionne relativement bien dans un endroit peut ne pas convenir à une autre zone d'utilisation potentielle présentant des conditions similaires à l'avenir en raison du changement climatique (Chakraborty et al., 2015, 2019). Certains auteurs (Correia et al., 2018) estiment que l'adaptation aux événements extrêmes pourrait même être plus importante que l'adaptation à l'évolution des valeurs moyennes des variables environnementales. Un exemple prometteur dans la région alpine pourrait être le douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en remplacement de l'épicéa commun, qui disparaît des forêts d'épicéas, de hêtres et de sapins blancs en raison du changement climatique et des erreurs de gestion passées. Le Douglas peut également être associé à des espèces d'arbres indigènes dans des forêts mixtes. Le caractère envahissant n'est pas un problème dans ces peuplements mixtes de douglas; en fait, la croissance précoce du douglas doit être soutenue en raison de ses besoins relativement élevés en lumière. Toutefois, dans nos écosystèmes en évolution rapide, des études et un suivi supplémentaires sont nécessaires.

En général, l'intégration des ANN dans des peuplements forestiers mixtes avec des espèces d'arbres indigènes est la plus facile et la plus sûre lorsque les caractéristiques écologiques des ANN introduits sont similaires à celles des espèces indigènes et que les ANN ne présentent pas un fort comportement de dominance (Spiecker et al., 2019).

Pötzelberger et al. (2020a) notent que la réputation des ANN et la question de la poursuite de leur propagation en Europe sont lourdes d'espoir, de préjugés, de scepticisme et de rejet. Une stratégie transnationale pour la gestion et l'utilisation responsable des ANN - comme la politique efficace et unifiée concernant les ANN dans l'espace alpin - pourrait nous conduire à une coexistence durable et non nuisible avec

de nombreux ANN. Et c'est l'un des principaux objectifs du projet ALPTREES.

Les recommandations générales pour l'utilisation durable des ANN dans les forêts sont les suivantes:

1. Promouvoir les espèces d'arbres indigènes dans la mesure du possible.
2. Introduire une migration assistée des espèces indigènes (Williams et Dumroese, 2013), en transférant et en testant les espèces des régions adjacentes du sud-est de l'Europe vers les régions du nord de l'Europe.
3. Si nécessaire, la sélection génétique d'espèces d'arbres indigènes devrait avoir la priorité sur l'utilisation des ANN.
4. Si nous choisissons de promouvoir les ANN, les espèces d'arbres concernées ne doivent être utilisées que si les connaissances et/ou l'expérience ont montré que leurs impacts invasifs peuvent être contrôlés, et que des mesures d'atténuation efficaces sont en place (principes et critères du Forest Stewardship Council pour la gestion des forêts. FSC-STD-01-001 V5-2 FR. Bonn: Forest Stewardship Council; 2015).
5. Tenir compte de la législation pertinente.
6. La promotion des espèces ANN ne devrait être autorisée que si les ANN respectives sont clairement supérieures aux espèces indigènes pour atteindre les objectifs de gestion forestière et que ces objectifs ne compromettent pas d'autres services écologiques possibles.
7. Utilisation d'évaluations des risques spécifiques au site (ERSS) qui peuvent être définies comme des évaluations de la probabilité de l'établissement, de la propagation et des conséquences associées (potentiellement) indésirables des ANN sur des sites forestiers individuels.
8. Promouvoir les ANN uniquement sur les sites comportant des espèces d'arbres indigènes, à l'exception des espèces plantées sur des sols agricoles comme les peupliers.
9. La recherche et le suivi des propriétés des ANN devraient se concentrer sur un plus large éventail d'espèces plutôt que sur les seules espèces ANN établies.
10. Utilisez vos propres expériences avec les ANN et échangez vos connaissances.

11. Interdire la plantation d'ANN présentant des risques écologiques élevés.
12. Évitez de préférence les monocultures d'ANN; les ANN ne devraient être mélangées aux forêts existantes que dans des proportions définies (en fonction de chaque ANN).
13. Choisir la provenance ou l'écotype de ANN le plus approprié.
14. Sachez qu'outre le changement climatique et les événements extrêmes, les ravageurs et les pathogènes européens ainsi que l'introduction involontaire de ravageurs et de pathogènes étrangers constituent des menaces potentielles pour les ANN (et pour les arbres indigènes).
15. Lorsque les ANN invasifs sont répandus, le confinement et l'éradication éventuelle doivent être entrepris dans le cadre des mesures sylvicoles
16. Éduquer les gens sur les risques et les avantages potentiels des ANN, y compris l'importance de prévenir leur introduction et leur propagation d'une part, et leur importance pour l'adaptation au changement climatique d'autre part.

Bibliographie

- Führer, E. 2000. Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, 132, 1: 29-38.
- Pötzelberger, E. 2018. Should we be afraid of non-native trees in our forests? University of natural resources and life sciences.
- Pötzelberger, E., Spiecker, H., Neophytou, C., Mohren, F., Gazda, A., Hasenauer, H. 2020a. Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. *Current Forestry Reports*, 6, 339–353.
- Pötzelberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Adriaens, T., Andonovski, V., Andrašev, S., Bastien, J.C., Brus, R., ..., Hasenauer, H. 2020b. Mapping the patchy legislative landscape of non-native tree species in Europe. *Forestry* 93, 4: 567–586.
- Hasenauer, H., Gazda, A., Konnert, M., Lapin, K., Mohren, G.M.J. Spiecker, H. et al. 2017. Non-native tree species for European forests: experiences, risks and opportunities— COST Action FP1403 NNEXT country reports. In *University of Natural Resources and Life Sciences*. 3rd ed. Vienna, p. 431.

- Brus, R., Pötzelsberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Orazio, C., Straigyte, L., Hasenauer, H. 2019. Extent, distribution, and origin of non-native forest tree species in Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 34, 7: 533–44.
- Blackburn, T.M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mrugała, A., Nentwig, W., Pergl, J., Pyšek, P., Rabitsch, W., Ricciardi, A., Richardson, D.M., Sendek, A., Vilà, M., Wilson, J.R.U., Winter, M., Genovesi, P., Bacher, S. 2014. A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of their Environmental Impacts. *PLoS Biol* 12, 5: e1001850. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
- Bindewald, A., Michiels, H.G., Bausch, J. 2019. Risk is in the eye of the assessor: comparing risk assessments of four non-native tree species in Germany. *Forestry* 1–16. doi:10.1093/forestry/cpz052.
- Stupak, I., Lattimore, B., Titus, B.D., Smith, C.T. 2011. Criteria and indicators for sustainable forest fuel production and harvesting: a review of current standards for sustainable forest management. *Biomass Bioenergy* 35, 8: 3287–3308. doi:10.1016/j.biombioe.2010.11.032.
- Nyssen, B., Schmidt, U.E., Muys, B., Lei, P.B., van der Pyttel, P. 2016. The history of introduced tree species in Europe in a nutshell. In Krumm F, Vítková L. (eds.), *Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges*. Freiburg, European forest institute (EFI): 44–54.
- Chakraborty, D., Wang, T., Andre, K., Konnert, M., Lexer, M.J., Matulla, C., Schueler, S. 2015. Selecting populations for non-analogous climate conditions using universal response functions: the case of Douglas-fir in central Europe. *PLoS One* 10, 8: 1–21.
- Chakraborty, D., Schueler, S., Lexer, M.J., Wang, T. 2019. Genetic trials improve the transfer of Douglas-fir distribution models across continents. *Ecography (Cop)* 42, 1: 88–101.
- Wojacki, J., Eusemann, P., Ahnert, D., Pakull, B., Liesebach, H. 2019. Genetic diversity in seeds produced in artificial Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) stands of different size. *Forest Ecology and Management*. 438: 18–24.
- Correia, H.A., Almeida, H. M., Branco, M., Tomé, M., Montoya, R.C., Di Lucchio, L., Cantero, A., Diez, J.J., Prieto-Recio, C., Bravo, F., Gartzia, N., Arias, A., Jinks, R., Paillasa, E., Pastuszka, P., Rozados Lorenzo, M.J., Silva Pando, F.J., Traver, M.C., Zabalza, S., Nóbrega, C., Ferreira, M., Orazio, C. 2018. Early survival and growth plasticity of 33 species planted in 38 Arboreta across the European Atlantic area. *Forests*. 9, 10: 1–18.
- Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J.K., editors. *Douglas-fir—an option for Europe*. 2019. *What Science Can Tell Us*. 121 p.

- Williams, M.I., Dumroese, R.K. 2013. Preparing for climate change: forestry and assisted migration. *J For.* 111, 4: 287–297.
- McKenney, D.W., Pedlar, J., O’Neill, G.A. 2009. Climate change and forest seed zones: past trends, future prospects and challenges to ponder. *For. Chron.* 85: 258–265.
- Meloni, F., Motta, R., Branquart, E., Sitzia, T., Vacchiano, G. 2016. Silvicultural strategies for introduced tree species in northern Italy. In Krumm, F., Vítková, L. (eds.), *Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges*. Freiburg, European forest institute (EFI): 176–189.
- Vor, T., Spellmann, H., Bolte, A., Ammer, C. (eds). 2015. *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*. Vol. 7, Göttinger Forstwissenschaften. Universitätsverlag Göttingen. 233 p.



EVALUATION DU RISQUE DE PLANTATIONS FORESTIERES D'ARBRES NON INDIGENES DANS L'ESPACE ALPIN

*Anja BINDEWALD, Giuseppe BRUNDU,
Silvio SCHUELER, Uwe STARFINGER,
Katharina LAPIN*

Introduction

Les arbres non indigènes (ANN) sont utilisées dans les forêts de l'espace alpin en raison des propriétés spécifiques de leur bois et de leur taux de croissance rapide, ou pour améliorer la sylviculture et diversifier le portefeuille d'arbres indigènes appropriées (Braun et al., 2021; Pötzelsberger et al., 2020). En particulier lorsque les arbres indigènes ne sont plus en mesure de remplir des fonctions forestières cruciales en raison de l'augmentation des températures mondiales, des ANN mieux adaptés aux conditions climatiques futures peuvent être plantés pour adapter les écosystèmes forestiers et atténuer les effets négatifs du changement climatique (Bolte et al. 2009). Cependant, la culture à grande échelle de certaines ANN peut entraîner des risques pour la biodiversité et les services écosystémiques connexes, et ces espèces nécessitent donc une évaluation des risques spécifique concernant leur potentiel invasif (Brundu et al. 2020). En particulier lorsque les ANN pourraient se propager dans des zones à haute valeur de conservation, leur utilisation à proximité de zones protégées peut entrer en conflit avec les objectifs de conservation de la nature (Campagnaro et al., 2018; D'Antonio & Flory, 2017). Ces ANN controversés provoquent souvent des débats sur la façon dont les peuplements forestiers existants et futurs devraient être gérés et sur la nécessité de promouvoir de nouveaux peuplements (van Wilgen & Richardson, 2014). Il est donc important d'évaluer les risques associés à l'utilisation des ANN pour identifier

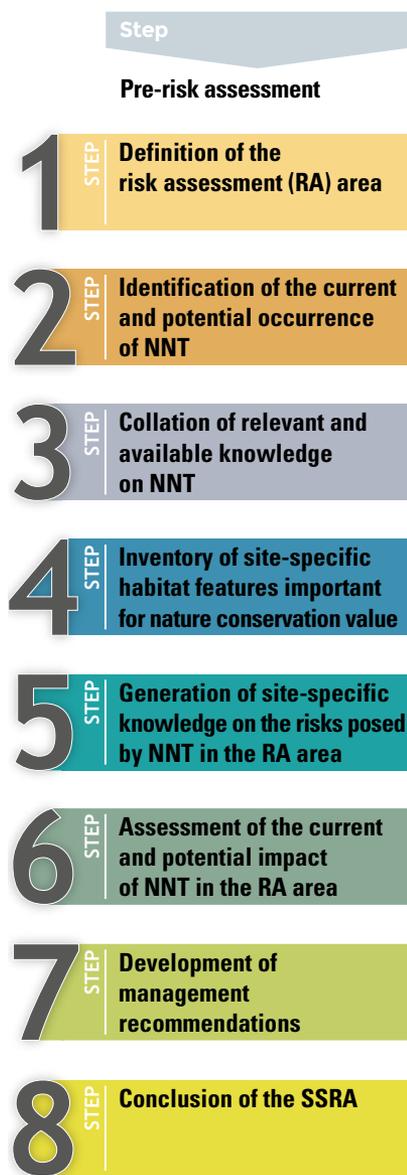


Figure 1: Vue d'ensemble des huit étapes du manuel d'évaluation des risques spécifiques au site (ERSS) (Bindewald et al. 2021a); ER=évaluation des risques, ANN=espèces d'arbres non natives.

les espèces à faible risque qui peuvent être intégrées dans la gestion forestière.

En général, une évaluation des risques peut être définie comme l'évaluation standardisée des impacts négatifs (potentiels) associés à l'introduction, l'établissement et la propagation des ANN (FAO 2019). Dans le projet INTERREG Espace Alpin ALPTREES, nous avons développé un nouveau cadre méthodologique pour "l'évaluation des risques spécifiques au site" (ERSS) au cours de plusieurs ateliers avec nos partenaires de projet et des observateurs. Bien qu'il existe déjà une pléthore de méthodes, la nouveauté de l'ERSS par rapport aux autres méthodes disponibles est qu'elle repose sur une évaluation stratifiée des risques posés par les ANN qui fait la distinction entre différents types d'écosystèmes, de lieux ou de sites. L'ERSS permet donc de prendre en compte le contexte régional ainsi que l'efficacité des stratégies de gestion disponibles pour atténuer les effets négatifs dans la zone d'intérêt. Elle sert de système d'aide à la décision pour la sélection de sites, d'ANN et de méthodes sylvicoles permettant de tirer parti des services écosystémiques fournis par les ANN bénéfiques tout en limitant les risques associés.

Le manuel ERSS

Le manuel ERSS propose un guide étape par étape fournissant aux instituts de recherche, aux entreprises forestières, aux gestionnaires de la conservation et aux autorités locales et nationales un cadre convivial pour la gestion durable des ANN. L'objectif global de l'ERSS est d'aider à décider où, comment et quels ANN peuvent être utilisés pour limiter les risques potentiellement associés dans une zone d'intérêt spécifique. L'ERSS est structuré en huit étapes, et pour chaque étape, certaines informations cibles doivent être recueillies et analysées par le ou les évaluateurs (Tableau 1) (voir Bindewald et al., 2021 pour un aperçu complet du ERSS).

Tableau 1: Étapes du manuel d'évaluation des risques spécifiques au site (ERSS); ER=évaluation des risques, ANN=arbres non indigènes (adapté de Bindewald et al. 2021).

STEP	TASK
	Identifier les besoins, les motivations, les objectifs et les bénéfices attendus de la ERSS. Préciser si l'objectif est d'évaluer les risques d'un ANN spécifique présélectionné ou de plusieurs ANN.
ETAPE 1	Définir la zone d'évaluation des risques (zone ER) en fournissant une carte géoréférencée et spatialement explicite. L'ERSS peut être réalisée à différentes échelles spatiales, c'est-à-dire au niveau local, paysager ou régional.
ETAPE 2	Évaluer la probabilité de la présence d'ANN présélectionnée dans la zone de l'ER. Appuyer cette étape sur des données de surveillance, des observations ou des communications personnelles d'experts locaux ou de parties prenantes.
ETAPE 3	Cette étape est conçue comme une enquête documentaire. Compiler les connaissances pertinentes existantes sur l'ANN et, si elle est présente dans la zone de l'ER, son étendue et son schéma de distribution. Tenez compte des informations suivantes: écologie (par exemple, capacités de propagation et de reproduction), étendue et distribution dans la zone de l'ER, impacts positifs et négatifs réels ou potentiels signalés sur la biodiversité ou d'autres services écosystémiques (par exemple, fonctions protectrices des forêts) et la santé humaine, ainsi que les options de gestion disponibles pour atténuer les risques.
ETAPE 4	Définir la ou les zones menacées dans la zone ER en compilant les caractéristiques de l'habitat spécifiques au site qui sont importantes pour la valeur de conservation de la nature de la zone ER. Prenez en compte tous les sites qui sont réellement ou potentiellement affectés par l'ANN sélectionné, sur la base des connaissances existantes.
ETAPE 5	Collecter de nouvelles preuves sur les risques des ANN si des lacunes dans les connaissances ont été identifiées pour la zone ER sur la base de l'étape précédente. Augmentez les connaissances spécifiques au site, par exemple en 1) analysant les données d'inventaire collectées systématiquement, 2) en collectant de nouvelles données sur le terrain, ou 3) en appliquant des modèles écologiques pour simuler la distribution potentielle des ANN sélectionnés.
ETAPE 6	Evaluer la probabilité et l'ampleur des impacts négatifs sur les actifs protégés de la zone de l'ER. Tout d'abord, examiner et classer toutes les informations collectées sur les impacts potentiels par niveau de preuve et pertinence pour la zone ER. Utilisez cette base de preuves pour évaluer l'ampleur des impacts négatifs (potentiels) pour les différents sites. Tenez compte de la réversibilité de tout impact négatif et des options de contrôle des populations par le biais des mesures de gestion disponibles lors de la prise de décision finale sur l'utilisation de l'ANN.
ETAPE 7	Recommander des mesures appropriées pour les actions prioritaires les éradications locales, la prévention de la propagation ou la poursuite de la surveillance pour l'ensemble de la zone ER ou pour la zone menacée au sein de celle-ci. Indiquer les ANN avec les risques faibles attendus. Tenir compte de la faisabilité, du rapport coût-efficacité et de l'acceptation par les parties prenantes et le public des mesures de gestion spécifiques au site.
ETAPE 8	Résumer les principales conclusions des étapes 1 à 7 en différenciant les impacts négatifs potentiels par lieu. Pour une communication plus approfondie, inclure l'objectif et les résultats de l'évaluation des risques systémiques, une justification et une limitation des résultats, ainsi que le niveau d'incertitude de l'évaluation.

Trois exemples de scénarios de gestion différents suite à l'ERSS pour des ANN spécifiques

Le résultat de l'ERSS est la classification des ANN en quatre catégories différentes:

- a) Les ANN qui ne présentent actuellement aucun risque,
 - (a) NNT for which information is too scarce to arrive at a conclusive assessment of associated risks,
 - (b) Les ANN qui peuvent poser des risques dans certains contextes environnementaux, et il existe des pratiques de gestion qui minimisent ces risques,
 - (c) Les ANN dont on s'attend à ce qu'ils présentent toujours des risques élevés qui ne peuvent être contrôlés par des mesures de gestion spécifiques, et
 - (d) Les ANN pour lesquels les informations sont trop rares pour parvenir à une évaluation concluante des risques associés.

Les stratégies d'adaptation sylvicole doivent donc se concentrer sur les essences des catégories 1) et 2) tout en améliorant

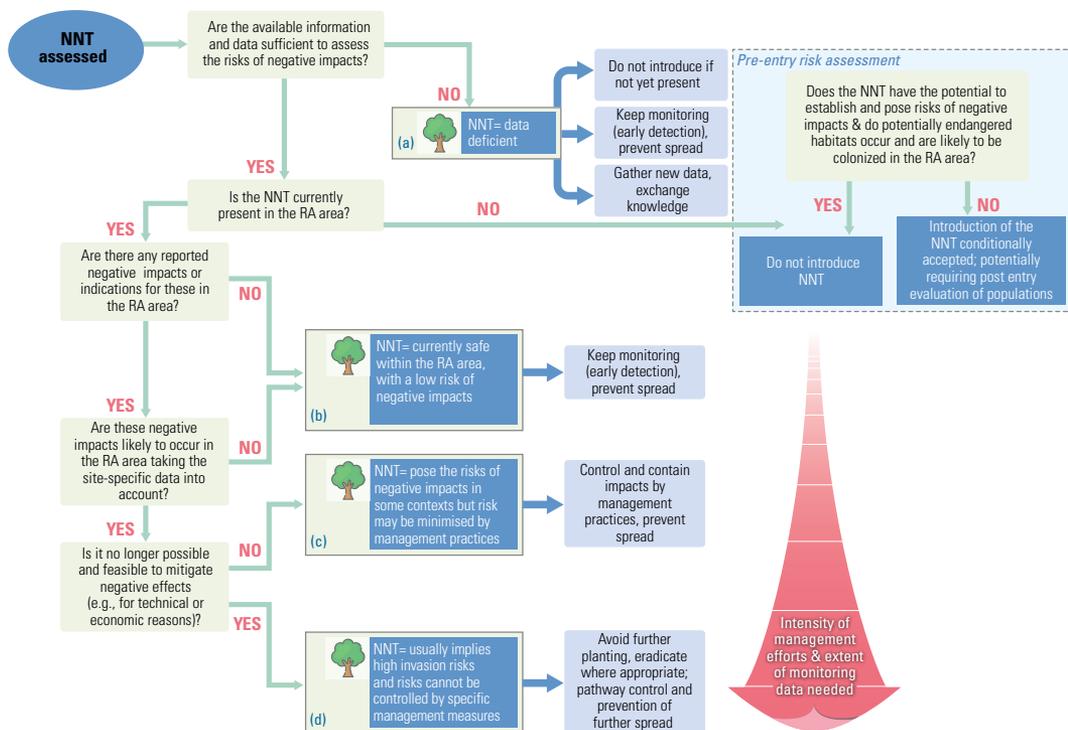


Figure 2: Arbre de décision illustrant l'utilisation du ERSS (Bindewald et al. 2021a)

la base d'informations pour l'évaluation des risques. Dans ce qui suit, un exemple est présenté pour la catégorie 1-3.

b) Actuellement sans danger NNT:

***Cedrus libani* A.Rich (cèdre du Liban)**

Le cèdre du Liban méditerranéen, qui n'a été que peu utilisé en sylviculture dans l'espace alpin jusqu'à présent, pourrait gagner en importance à l'avenir en tant qu'essence forestière adaptée au climat. Il est considéré comme une espèce prometteuse qui peut tolérer des hivers relativement froids et des sécheresses estivales persistantes et est donc discuté comme une alternative à l'épicéa de Norvège (*Picea abies* (L.) H.Karst.). (Messinger et al., 2015). Cependant, sa forte demande en lumière peut être une limitation pour la réussite de son implantation lorsqu'il est mélangé avec des espèces tolérantes à l'ombre telles que le sapin blanc (*Abies alba* L.) et le hêtre européen (Messinger et al., 2015; Šeho, 2019). En outre, ses branches horizontales très étendues indiquent qu'il peut être nécessaire d'éviter les sites où la neige est récurrente. En raison de sa rareté dans la région alpine (à l'exception des plantations ornementales, par exemple autour des grands lacs glaciaires du nord de l'Italie) et en Europe centrale en général,



Figure 3: Cèdre du Liban dans son aire naturelle au Liban
(<https://www.inaturalist.org/observations/67020273>)

on ne sait encore rien du potentiel invasif du cèdre du Liban; on suppose toutefois qu'il est faible en raison de la compétitivité modérée de l'espèce (Šeho 2019). *Cedrus libani* est un exemple d'ANN comportant des risques inconnus, et il n'est pas nécessaire de prendre des mesures urgentes. Néanmoins, les peuplements et les essais dans l'espace alpin devraient être soigneusement surveillés pour tout impact qui pourrait se développer, et les bois (semi-)naturels de valeur devraient être exclus des plantations avec l'espèce afin de prévenir les effets né négatifs potentiels.

c) Les ANN qui présentent des risques dans certains contextes environnementaux mais qui peuvent être contrôlés par la gestion forestière:

***Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) (sapin de Douglas)**

En raison de son potentiel de productivité élevé, de sa tolérance à la sécheresse et des excellentes propriétés de son bois, le Douglas est considéré comme un ANN important pour relever les défis économiques imposés par le changement climatique dans la région alpine (par exemple, Wohlgemuth et al., 2021a). Cependant, l'espèce peut également présenter des risques sur certains sites. La régénération naturelle du Douglas a été signalée dans plusieurs types d'habitats à haute



Figure 4: Des sapins de Douglas en régénération naturelle dans un écosystème forestier à chênes sessiles, dans le sud-ouest de l'Allemagne.

valeur de conservation dans le sud-ouest de l'Allemagne, tels que des affleurements rocheux avec une couverture arborée clairsemée et des communautés de forêts de chênes sessiles sur des sites secs et acides (Fig. 2). Dans ces conditions spécifiques, des impacts négatifs peuvent se produire (Bindewald et al., 2021). Bien que le douglas ait le potentiel d'affecter négativement les habitats sensibles dans l'espace alpin, il peut être cultivé si des pratiques de gestion adaptées peuvent exclure ou minimiser ces risques (Spellmann et al., 2015). Étant donné que les Douglas sont déjà largement cultivés et qu'ils ont montré des avantages significatifs dans la gestion forestière dans diverses conditions de site, l'extermination à l'échelle nationale n'est pas souhaitable. Dans le même temps,



Figure 5: *Cerisier noir en régénération naturelle dans une forêt de chênes pédonculés et de charmes, dans le sud-ouest de l'Allemagne.*

cependant, le contrôle de la propagation de l'espèce dans les zones de conservation de grande valeur est nécessaire. Afin d'allouer efficacement les ressources de conservation, la gestion devrait se concentrer sur les zones menacées pour des actions prioritaires telles que l'éradication ou la prévention de la propagation sauvage. Comme la régénération naturelle de *Pseudotsuga menziesii* n'a été signalée que dans une petite proportion d'habitats forestiers protégés, il est encore possible d'éliminer l'espèce de ces zones (Bindewald et al., 2021). En raison de son incapacité à former des taillis, le douglas peut être contrôlé avec relativement peu d'efforts par le biais de l'élimination des tiges des arbres adultes et de la coupe des semis. En outre, il n'y a pas d'espèces d'arbres européennes congénères présentes qui pourraient potentiellement s'hybrider avec les Douglas. La culture ne devrait donc pas poser de problème dans les zones où les peuplements ne présentent pas de menace pour la biodiversité indigène; elle devrait néanmoins être limitée dans et à proximité des zones sensibles. Afin de prévenir les risques éventuels pour la biodiversité sur les sites de culture, les douglas ne devraient être utilisés que dans des mélanges avec des espèces d'arbres indigènes (Wohlgemuth et al., 2021b).

d) ANN prévu pour présenter des risques élevés et être difficile à contrôler: *Prunus serotina* Ehrh. (cerisier noir)

Le cerisier noir présente des risques pour une série d'écosystèmes différents dans l'espace alpin. Du point de vue de la conservation de la nature, l'établissement de l'espèce dans les habitats semi-naturels tels que les prairies, les dunes, les zones humides, les ripisylves ou forêts ouvertes est particulièrement problématique (Fig. 3) (Annighöfer et al., 2012). Sur ces sites, les populations établies de cerisiers noirs peuvent avoir des effets négatifs sur la structure et la composition des communautés végétales indigènes et sur les conditions du sol. Le cerisier noir peut également poser des problèmes en foresterie lorsqu'il domine le sous-étage des forêts gérées et entrave la régénération des espèces d'arbres indigènes souhaitées (Annighöfer et al., 2012). Cependant, l'espèce est répandue et abondante dans toute une série d'écosystèmes de l'espace alpin, et son éradication complète dans toute la région n'est

donc plus envisageable. De plus, la dispersion sur de longues distances par les oiseaux rend difficile le contrôle de sa propagation et donc la mise en place de zones tampons efficaces. En outre, les cerisiers noirs repoussent intensivement après les perturbations, ce qui rend difficile l'élimination de l'espèce, du moins à court terme. Si la succession forestière est acceptable en tant qu'option stratégique, les gestionnaires forestiers peuvent planter des cerisiers noirs au sous étage avec des espèces d'arbres indigènes tolérantes à l'ombre pour supprimer la régénération à long terme (Nyssen et al., 2016). Les mesures doivent donc être évaluées en profondeur au cas par cas et doivent être orientées autour de l'objectif de gestion du site. Néanmoins, pour éviter toute nouvelle invasion, il convient de ne plus promouvoir le cerisier noir et de maintenir au plus bas le risque de propagation dans les zones menacées (Verheyen et al., 2007).

Bibliographie

- Annighöfer P., Schall P., Kawaletz H., Mölder I., Terwei A., Zerbe S., Ammer C. 2012. Vegetative growth response of black cherry (*Prunus serotina*) to different mechanical control methods in a biosphere reserve. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 2037-2051. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2012-0257>.
- Bindewald A., Miocic S., Wedler A., Bauhus J. 2021. Forest inventory-based assessments of the invasion risk of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco and *Quercus rubra* L. in Germany. *European Journal of Forest Research* 140: 883-899. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01373-0>.
- Bolte A., Ammer C., Löf M., Madsen P., Nabuurs G.-J., Schall P., Spathelf P., Rock J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 473-482. <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>.
- Braun M., Maciel-Viana C., Marinšek A., Lapin K. 2021. The usage value of non-native trees, Alptrees Report for D.T.3.3.1 Assessment on the usage value of wood from local autochthonous native trees and non-native trees.
- Brundu G., Pauchard A., Pyšek P., Pergl J., Bindewald A.M., Brunori A., Canavan S., Campagnaro T., Celesti-Grapow L., Dechoum M.d.S., Dufour-Dror J.-M., Essl F., Flory S.L., Genovesi P., Guarino F., Guangzhe L., Hulme P.E., Jäger H., Kettle C.J., Krumm F., Langdon B., Lapin K.,

- Lozano V., Le Roux J.J., Novoa A., Nuñez M.A., Porté A.J., Silva J.S., Schaffner U., Sitzia T., Tanner R., Tshidada N., Vitková M., Westergren M., Wilson J.R.U., Richardson D.M. 2020. Global guidelines for the sustainable use of non-native trees to prevent tree invasions and mitigate their negative impacts. *NeoBiota* 61: 65-116.
<https://doi.org/10.3897/neobiota.61.58380>.
- Campagnaro T., Brundu G., Sitzia T. 2018. Five major invasive alien tree species in European Union forest habitat types of the Alpine and Continental biogeographical regions. *Journal for Nature Conservation* 43: 227-238. <https://doi.org/10.1016/J.JNC.2017.07.007>.
- D'Antonio C., Flory S.L. 2017. Long-term dynamics and impacts of plant invasions. *Journal of Ecology* 105: 1459-1461.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12879>.
- FAO. 2019. ISPM 11 Pest risk analysis for quarantine pests. FAO, Rome, Italy.
- Messinger J., Güney A., Zimmermann R., Ganser B., Bachmann M., Remmele S., Aas G. 2015. *Cedrus libani*: A promising tree species for Central European forestry facing climate change? *European Journal of Forest Research* 134: 1005-1017. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0905-z>.
- Nyssen B., Ouden J., Verheyen K., Vanhellefont M. 2016. Integrating black cherry in forest management in the Netherlands and Belgium. In: Krumm F. and Vitcova L. (eds), *Introduced tree species in European Forests: opportunities and challenges*. European Forest Institute, Freiburg, pp. 362-372.
- Pötzelsberger E., Spiecker H., Neophytou C., Mohren F., Gazda A., Hasenauer H. 2020. Growing Non-native Trees in European Forests Brings Benefits and Opportunities but Also Has Its Risks and Limits. *Current Forestry Reports* 6: 339–353.
<https://doi.org/10.1007/s40725-020-00129-0>.
- Šeho M. 2019. Kurzportrait Atlaszeder (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière) Landesbetrieb Wald und Holz NRW.
- Spellmann H., Weller A., Brang P., Michiels H.-G., Bolte A. 2015. Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: Vor T., Spellmann H., Bolte A. and Ammer C. (eds), *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen, Germany, pp. 187-217.
- van Wilgen B.W., Richardson D.M. 2014. Challenges and trade-offs in the management of invasive alien trees. *Biological Invasions* 16: 721-734.
- Verheyen K., Vanhellefont M., Stock T., Hermy M. 2007. Predicting

patterns of invasion by black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in Flanders (Belgium) and its impact on the forest understorey community. *Diversity and Distributions* 13: 487-497.

<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00334.x>.

Wohlgemuth T., Gossner M.M., Rigling A. 2021a. Chancen und Risiken der Douglasie im Waldbau. *Schweiz Z Forstwes* 172: 62-65.

Wohlgemuth T., Moser B., Pötzelsberger E., Rigling A., Gossner M.M. 2021b. Über die Invasivität der Douglasie und ihre Auswirkungen auf Boden und Biodiversität. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 118-127. <https://doi.org/10.3188/szf.2021.0118>.

LES ARBRES NON INDIGENES ENTRE SYLVICULTURE ET CONSERVATION DE LA NATURE

Olaf SCHMIDT

Le changement climatique exigera que la sylviculture adapte activement les forêts. Cela comprend l'utilisation d'espèces d'arbres alternatives plus tolérantes à la sécheresse, y compris certaines ANN. Toutefois, les défenseurs de la nature, entre autres, craignent que ces "nouvelles" espèces d'arbres ne constituent une menace pour l'écosystème forestier.

En particulier, on recherche des essences alternatives pour l'épicéa de Norvège (*Picea abies* Mill.), sensible au climat. Dans les régions où les températures sont déjà plus élevées, le changement climatique semble pousser certaines espèces d'arbres indigènes à la limite de leurs capacités et de leur tolérance. Afin de maintenir d'importantes fonctions forestières, les ANN mieux adaptées aux conditions climatiques futures prévues verront donc leur importance augmenter à l'avenir. Globalement, un mélange de forêts - non seulement en termes de composition des espèces d'arbres, mais aussi en termes de structure des peuplements ainsi que de diversité génétique et d'âge - devient de plus en plus essentiel. Lors de la culture d'ANN, les risques pour les propriétaires forestiers ne peuvent être évités. Ces risques comprennent la vulnérabilité aux parasites, la vulnérabilité climatique, la perte de qualité du bois et l'augmentation du potentiel d'invasion. En outre, il peut y avoir des conséquences pour les écosystèmes forestiers eux-mêmes, comme une diminution du nombre et de la diversité des insectes. Par conséquent, les opportunités forestières et les risques de conservation doivent être soigneusement évalués les uns par rapport aux autres.

Conservation de la Nature contre Sylviculture

Selon les intérêts des parties prenantes concernées, les attitudes à l'égard des ANN peuvent varier considérablement. Alors que les forestiers et les propriétaires forestiers sont satisfaits du potentiel de croissance, de la force concurrentielle et du potentiel de régénération de certaines ANN, les défenseurs de la nature voient le risque que les espèces d'arbres indigènes soient déplacées ou repoussées en conséquence. Et si les forestiers apprécient les ANN qui se régénèrent naturellement, les défenseurs de la nature perçoivent cette caractéristique comme un risque en termes d'espèces devenant invasives, se propageant des sites de culture vers d'autres zones et s'établissant par la suite. En outre, on craint que l'absence de partenaires mycorhizés et l'adaptation des



Figure 1: Hoverflies are attracted by different flowers of trees.

insectes indigènes aux ANN n'entraînent une perte de la biodiversité des insectes et des pénuries alimentaires pour les espèces d'oiseaux insectivores, les amphibiens, les reptiles et les petits mammifères. Cet argument de pénurie alimentaire due à un manque d'espèces d'insectes est soutenu par plusieurs études (Kolb 1996; Kolbe 1995; Gossner 2004). Les insectes indigènes ne sont pas adaptés aux ANN, surtout dans le cas de genres d'arbres qui ne sont pas indigènes à proximité de leur aire de répartition introduite (en Europe, par exemple, *Pseudotsuga*, *Tsuga*, *Cedrus*, *Liriodendron*). L'industrie forestière a tendance à considérer cette diminution des

insectes comme bénéfique, car elle s'accompagne généralement d'une amélioration de la vitalité des arbres en raison de la réduction des dommages causés par les ravageurs, tandis que les défenseurs de l'environnement voient la perte de diversité et le potentiel d'effets en cascade associés: S'il y a un déclin général des insectes, des pollinisateurs et des ennemis naturels, les prédateurs peuvent également être affectés. La biomasse d'insectes dans les forêts pourrait ainsi diminuer, comme c'est déjà le cas dans les zones ouvertes - et avec elle la base alimentaire de nombreuses espèces supérieures.

Impact sur les espèces animales

Insectes phytophages

Gossner (2004) compare l'occurrence des espèces d'insectes phytophages entre le chêne commun et le chêne rouge ainsi qu'entre l'épicéa et le sapin de Douglas. Les espèces figurant sur la liste rouge sont présentes dans une mesure similaire sur les sapins de Douglas et sur les épicéas, mais en nombre d'individus nettement inférieur. Du point de vue de la conservation des espèces, une augmentation importante de la culture du douglas, notamment dans les peuplements purs, est donc susceptible d'entraîner un déclin des espèces d'insectes menacées.

En comparant le chêne commun au chêne rouge, Gossner arrive aux conclusions suivantes:

- Les communautés biotiques des couronnes de chêne rouge peuvent être classées comme pauvres en termes de diversité des espèces et de nombre d'individus par rapport au chêne commun.
- Les différences sont plus prononcées dans les peuplements purs.
- Le chêne rouge abrite un nombre significativement plus faible d'espèces d'insectes menacées et d'individus de ces espèces. Néanmoins, le chêne rouge n'est pas un "désert écologique".

Sur une période de trois années de piégeage, une étude sur les charançons, les scolytes, les monotomidae et les rovets dans des peuplements avec et sans ANN a révélé des différences significatives (Kolbe 1995). Bien que les hêtraies aient



Figure 2: European mantis (*Mantis religiosa*) on a leaf of *Acer negundo*.

présenté le plus grand nombre d'espèces et d'individus, une forêt mixte avec ANN a obtenu des résultats similaires en termes de nombre d'espèces. Cependant, le nombre d'individus était significativement plus faible pour les groupes de charançons et de scolytes dans la forêt mixte avec ANN que dans les forêts de hêtres ou d'écéas.

L'une des idées fausses les plus persistantes concernant l'impact des ANN sur la biodiversité indigène est l'hypothèse selon laquelle les peupliers hybrides (*P. x canadensis*) pourraient représenter un "piège alimentaire" pour les espèces de papillons menacées comme le petit empereur pourpre (*Apatura ilia*). Dès 1987, Hafner a démontré que les chenilles du petit empereur pourpre utilisent également les feuilles du peuplier hybride canadien (Barsig 2004). Néanmoins, dans les milieux de la protection de la nature, l'hypothèse de ce supposé piège à biotopes persiste jusqu'à ce jour.

Dans des études récentes de l'Institut d'État bavarois pour la viticulture et l'horticulture (LWG), des espèces d'arbres indigènes ont été comparées par paires à des espèces d'arbres du sud-est de l'Europe (charme commun et charme houblon, frêne commun et frêne à fleurs, tilleul à petites feuilles et tilleul argenté). Au total, 804 pièges à fenêtre, 416 panneaux jaunes et 390 échantillons d'entailles ont été évalués, avec plus de 90 000 individus d'insectes et d'araignées capturés sur 30 arbres pendant toute la période d'enregistrement. Jusqu'à présent, cependant, seules les cigales et les abeilles sauvages capturées ont été classées jusqu'au niveau de l'espèce dans cette étude. Pour ces deux groupes, aucune différence significative dans l'abondance des espèces n'a été constatée entre les espèces d'arbres non indigènes et indigènes (Böll et al., 2020). L'évaluation du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) a également changé à la suite de recherches récentes. Le genre *Castanea* étant étroitement lié au genre *Quercus*, on peut supposer que le spectre des espèces d'insectes phytophages et vivant dans le bois est très similaire pour les deux genres.

Insectes pollinisateurs des fleurs

Les ANN comme le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) et le marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanum*) sont très attractifs pour les insectes pollinisateurs des fleurs

comme les abeilles et les syrphes. Ces espèces d'arbres sont donc souvent promues par les apiculteurs.

Insectes vivant dans le bois

Dans les forêts, les insectes qui vivent dans le bois (xylobiont) jouent un rôle majeur dans la biodiversité. Des études sur la faune des coléoptères du bois mort à Cologne ont montré que les coléoptères habitant le bois utilisent à la fois les arbres indigènes et les ANN pour leur développement. Seule la différence entre les conifères et les arbres à feuilles caduques s'est avérée avoir une influence. Les espèces des genres *Populus*, *Tilia*, *Ulmus* et *Acer* étaient les plus importantes, mais les genres non indigènes *Aesculus*, *Sophora*, *Robinia* et surtout *Catalpa* se sont également avérés être des habitats importants pour les coléoptères vivant dans le bois (Stumpf 1994).

La vie des oiseaux

En hiver, les canopées de Douglas manquent d'insectes et d'araignées. En raison de cette pénurie de nourriture, les peuplements purs de Douglas taxifoliés ne sont guère colonisés par les espèces d'oiseaux insectivores comme le chardonneret élégant, la mésange charbonnière et la mésange huppée (Gossner et Utschick 2004). Lors d'études sur la biologie de la reproduction des mésanges charbonnières, Kolb (1996) a constaté que le succès de la reproduction était moins bon dans les peuplements avec ANN que dans les forêts quasi naturelles de la forêt mixte de Weinheim. Ceci est dû à l'offre alimentaire limitée résultant du manque d'insectes.

Conclusion

La culture des ANN a des effets écologiques sur les forêts, par exemple sur la faune indigène. Les ANN ne devraient donc être introduits dans les forêts de l'espace alpin qu'après une évaluation approfondie des risques - et généralement pas en peuplements purs, mais plutôt en mélanges avec des espèces d'arbres indigènes, afin de limiter autant que possible les conséquences négatives potentielles.

Si, comme prévu, le climat sous nos latitudes devient plus chaud et plus sec et que les événements climatiques extrêmes augmentent simultanément, des espèces d'arbres complète-

ment différentes pourraient gagner en importance à l'avenir. Par exemple, le châtaignier (*Castanea sativa*), le chêne turc (*Quercus cerris*) et le chêne hongrois (*Quercus frainetto*), qui présentent déjà de bonnes performances de croissance dans certaines régions d'Europe centrale, pourraient également contribuer à créer des modèles forestiers appropriés dans un mélange avec des espèces de chêne commun et sessile, de hêtre et de pin.

Comme pour de nombreuses questions en matière de sylviculture, une approche différenciée est nécessaire. Il ne s'agit pas de choisir entre l'un et l'autre, mais plutôt d'adopter une stratégie combinant les deux. En particulier dans les forêts, leur longévité et leur structure dominante font que les arbres jouent un rôle décisif par rapport aux autres organismes de l'écosystème. Le choix des espèces d'arbres est donc particulièrement crucial, et les gestionnaires de forêts doivent prendre en compte les différents aspects de manière aussi complète que possible.

En conclusion, il n'est pas nécessaire d'exclure l'utilisation des ANN dans les forêts de l'espace alpin en général - cependant, cette utilisation doit être contrôlée de manière objective et consciencieuse, et les avantages et inconvénients possibles de la culture des ANN doivent être évalués sans parti pris et communiqués avec précision.

Bibliographie

- Barsig, M. 2004. Vergleichende Untersuchungen zur ökologischen Wertigkeit von Hybrid- und Schwarzpappeln. Bundesanstalt für Gewässerkunde, 31.
- Böll, S., Mahsberg, D., Albrecht, R., Peters, M. K. 2020. Urbane Artenvielfalt fördern, Naturschutz und Landschaftsplanung 51, (12), 576–583.
- Gossner, M. 2004. Diversität und Struktur arboricoler Arthropodenzoosen fremdländischer und einheimischer Baumarten. Neobiota 5, 241.
- Gossner, M., Utschick, H. 2004. Douglas fir stands deprive wintering bird species of food resource, Neobiota 3, 105–122.
- Hafner, S. 1987. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Tag-Schmetterlingen im Mooswald bei Freiburg. Diplom-Arbeit am Forstwissenschaftlichen Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 86.

- Kaiser, T., Purps, J. 1991. Der Anbau fremdländischer Baumarten aus der Sicht des Naturschutzes – diskutiert am Beispiel der Douglasie. *Forst und Holz* 11, 304–305.
- Kolb, H. 1996. Fortpflanzungsbiologie der Kohlmeise *Parus major* auf kleinen Flächen: Vergleich zwischen einheimischen und exotischen Baumbeständen. *Journal für Ornithologie*, 229–242.
- Kolbe, W. 1995. Käfer in Forsten mit Fremdländer-Anbau und heimische Baumarten. *Forst und Holz*, 214–217.
- Schmidt, O. 2018. Neozoische Insekten an Bäumen – dulden, bekämpfen oder ausrotten? *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 21, 261–265.
- Schmidt, O. 2020. Ökologisch betrachtet: Nicht-heimische Baumarten, Sonderheft “Neozoen” in: “Der Falke”, AULA-Verlag.
- Stumpf, T. 1994. Totholzkäfer in Köln – Ein Beitrag zur Stadtökologie. *Mitt. Arb. gem. Rhein Koleopterologen* 4 (4), 217–234.
- Vor, T., Spellmann, H., Bolte, A., Ammer, Ch. 2015. Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten, Bd.7 Göttinger Forstwissenschaften, Universitätsverlag Göttingen, 296.
- Winter, K. 2001. Zur Arthropodenfauna in niedersächsischen Douglasienforsten. *Forst und Holz*, 355–362.

PERCEPTION DES ARBRES NON INDIGENES PAR LES PARTIES PRENANTES DE L'ESPACE ALPIN

Reneema HAZARIKA

Contexte

Les arbres non indigènes (ANN) font depuis longtemps partie des systèmes bioclimatiques sensibles tels que la région alpine européenne. La majorité des ANN dans les forêts ont été plantés à des fins économiques - principalement pour le bois d'œuvre, l'arboriculture et la production de biomasse en rotation courte. D'autres objectifs tels que la prévention de l'érosion du sol, l'agroforesterie, le bois de chauffage et le contrôle du sable des rivières sont également importants. Ces dernières années, les ANN ont attiré l'attention des scientifiques et des législateurs en tant que candidats pour l'adaptation des forêts indigènes au changement climatique (Lindner et al., 2014). Tout en étant bénéfique sur certains sites, le même ANN peut s'avérer invasive sur d'autres (Brundu & Richardson, 2016). Les risques, les avantages et les compromis entre les différents services écosystémiques doivent donc être évalués de manière approfondie avant de formuler des politiques de gestion des ANN dans l'espace alpin.

L'opinion des parties prenantes est un élément crucial de ce processus d'évaluation. Un large éventail de parties prenantes est impliqué dans la production, la gestion et la consommation des services écosystémiques fournis par les ANN. Il s'agit notamment des décideurs politiques, des autorités forestières et urbaines, des propriétaires forestiers, des gestionnaires forestiers, de l'industrie du bois et des pépinières, des agences sectorielles et des ONG, des sociétés scientifiques, des consommateurs et des défenseurs de l'environnement.

Divers facteurs influencent la perception des individus ou des groupes de personnes concernant les espèces non indigènes

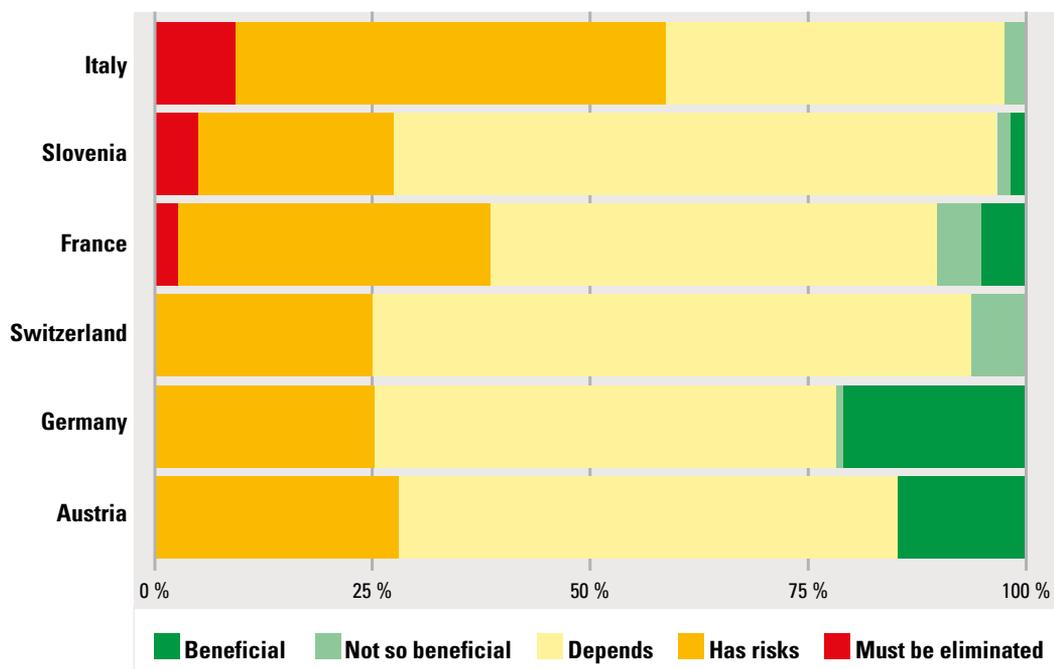


Figure 1: Perception des risques et des avantages de l'ANN dans l'espace alpin. La longueur des barres représente le pourcentage respectif des réponses.

individuelles (ou certains groupes d'entre elles) et leurs impacts comme étant problématiques, bénéfiques ou, dans certains cas, simplement non pertinents (Kueffer, 2013). Par exemple, un scientifique forestier peut considérer les ANN comme une solution pour adapter les forêts au changement climatique, tandis qu'un gestionnaire forestier peut être intéressé principalement par la valeur marchande du bois des ANN (Pötzelsberger et al., 2020). Les paysagistes peuvent considérer les ANN comme des ajouts exotiques destinés à l'ornementation des espaces verts urbains, et les défenseurs de l'environnement peuvent être préoccupés par les risques potentiels pour les espèces et les écosystèmes indigènes associés aux ANN. D'une part, les attitudes négatives à l'égard des ANN peuvent compliquer les perspectives de gestion dans les cas où elles présentent également des avantages. D'autre part, le manque de sensibilisation concernant les impacts potentiels des ANN (et des espèces non indigènes en général) peut conduire à des décisions de

gestion inefficaces concernant les envahisseurs potentiels (Sharp et al., 2011; Novoa et al., 2017).

Analyse de la perception des parties prenantes - projet ALPTREES

À notre connaissance, la perception des parties prenantes sur les risques et les avantages des ANN dans l'espace alpin n'a jusqu'à présent pas été suffisamment étudiée. Afin d'élaborer une "Ligne directrice transnationale pour l'utilisation et la gestion des espèces ANN dans tout l'espace alpin", le projet Interreg - ALPTREES (2019-2022) a donc mené une enquête auprès des parties prenantes dans les six pays de la région alpine: Autriche, Allemagne, Slovénie, France, Italie et Suisse. L'enquête a été diffusée auprès des principales parties prenantes de la foresterie, allant des forestiers, des conservateurs et des chercheurs aux architectes paysagistes, aux concepteurs urbains et autres.

Perception des parties prenantes sur l'ANN dans l'enquête ALPTREES

Les résultats de l'enquête montrent qu'un grand nombre de répondants (Fig. 1) pensent que les risques posés par les ANN sont supérieurs à leurs avantages. En outre, la plupart des répondants ont déclaré que les avantages et les risques dépendent du contexte spécifique, c'est-à-dire du ANN spécifique, des conditions du site, de l'état de conservation de la forêt cible, du degré d'impact humain, etc. Bien que la dépendance contextuelle du risque d'invasion par les ANN soit de plus en plus reconnue par la communauté scientifique, cette perception par les différentes parties prenantes peut également être attribuée à un manque de compréhension des définitions contrastées des ANN d'une part et des espèces non indigènes envahissantes d'autre part. La plupart des ANN ne présentent pas de risques potentiels ou réels dans la majorité des écosystèmes dans lesquels elles sont présentes.

Conclusion

Des efforts considérables sont déployés en Europe pour gérer les ANN en tenant compte de leurs risques et de leur caractère potentiellement invasif, tandis que leurs avan-

tages sont encore largement sous-estimés dans la perception du public. Dans l'enquête ALPTREES auprès des parties prenantes, il a été observé que la plupart des répondants percevaient les risques potentiels posés par les ANN tout en étant incertains quant à leurs avantages potentiels. Cette perception est également évidente dans le patchwork incohérent des politiques relatives aux ANN en Europe, qui considèrent les ANN dans le contexte du caractère invasif (Pötzelsberger et al., 2020).

Par conséquent, ces politiques traitent les risques potentiels des ANN de manière adéquate mais ne parviennent pas à réaliser les avantages des ANN, en particulier dans le contexte de l'adaptation au changement climatique. Afin de formuler des politiques fondées sur la science pour la gestion durable des ANN, une approche politique intersectorielle impliquant les parties prenantes des domaines de la conservation de la nature, de l'industrie, de la gestion forestière et de la recherche scientifique est nécessaire.

Literature

- Brundu, G., Richardson, D.M. 2016. Planted forests and invasive alien trees in Europe: A Code for managing existing and future plantings to mitigate the risk of negative impacts from invasions. Proceedings of 13th International EMAPi conference, Waikoloa, Hawaii. *NeoBiota* 30: 5–47. <https://doi.org/10.3897/neobiota.30.7015>
- Kueffer, C. 2013. Integrating natural and social sciences for understanding and managing plant invasions. In Larrue, S. (ed.), *Biodiversity and society in the Pacific Islands*. Presses Universitaires de Provence, Marseille, France & ANU ePress, Canberra, pp. 71–96.
- Lindner, M., Fitzgerald, J.B., Zimmermann, N.E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., Schelhaas, M.J., Lasch, P., Eggers, J., van der Maaten-Theunissen, M., Suckow, F., Psomas, A., Poulter, B., Hanewinkel, M. 2014. Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146:69–83
- Novoa, A., Dehnen-Schmutz, K., Fried, J. and Vimercati, G. 2017. Does public awareness increase support for invasive species management? Promising evidence across taxa and landscape types. *Biological Invasions*. 19, 3691–3705.

- Pötzelsberger, E., Spiecker, H., Neophytou, C., Mohren, F., Gazda, A., Hasenauer, H. 2020. Growing Non-native Trees in European Forests Brings Benefits and Opportunities but Also Has Its Risks and Limits. *Forest Management*. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00129-0/>
- Sharp, R.L., Larson, L.R., Green, G.T. 2011. Factors influencing public preferences for invasive alien species management. *Biological Conservation*. 144, 2097–2104.

SERVICES ECOSYSTEMIQUES FOURNIS PAR LES NNT A PRENDRE EN CONSIDERATION LORS DE L'EVALUATION DU RAPPORT RISQUES AVANTAGES

Patricia DETRY

Prendre des mesures pour préserver la résilience des forêts et maintenir les services qu'elles fournissent

Les arbres non indigènes (ANN) fournissent des services écosystémiques (figure 2) en tant que partie intégrante des forêts dans lesquelles ils existent. Si les forêts disparaissent, les services écosystémiques qu'elles fournissent disparaissent également; dans la perspective du changement climatique, cela signifie que des interventions plus ou moins profondes sont nécessaires.

Les forêts sont essentielles pour la société en raison de la multitude de services qu'elles fournissent (production de bois, préservation de la qualité des sols et de l'eau, biodiversité, etc.) Ceci est d'autant plus vrai dans les conditions actuelles du changement climatique, où elles constituent un facteur d'atténuation reconnu grâce aux effets de stockage et de séquestration du carbone par le bois.

Plusieurs mesures stratégiques d'adaptation à court et à long terme existent. Elles comprennent, entre autres, la promotion de la recherche sur les ANN existants et nouveaux, de nouveaux modèles et mélanges sylvicoles, et la migration assistée des espèces forestières.

L'idée d'introduire des ANN a souvent été combattue au motif que les espèces indigènes sont mieux à même de répondre aux besoins des utilisateurs et sont les seules capables de constituer des forêts durables. Au fil du temps, cette



Figure 1: Services écosystémiques forestiers – source: AlpES

attitude semble toutefois de plus en plus intenable.

Deux aspects importants doivent être pris en compte:

- D'une part, le fait que la flore forestière actuelle est le résultat de l'histoire de la végétation au cours des âges géologiques et surtout des dernières glaciations, qui ont éliminé de nombreuses espèces. Il peut donc y avoir d'autres espèces ailleurs dans le monde qui sont capables de prospérer et de produire de la valeur dans nos régions.
- D'autre part, il est désormais clair que les conditions environnementales - et notamment les conditions climatiques - ne sont pas immuables et qu'il est donc utile, voire nécessaire, de rechercher et de tester des espèces exotiques ou nouvelles qui peuvent remplacer avantageusement les espèces locales dans certaines zones.

L'introduction d'ANN dans les écosystèmes naturels existants comporte des risques (caractère invasif des espèces à introduire, modification du fonctionnement des écosystèmes, etc.), mais toutes les voies possibles doivent être explorées car les forêts ne pourront pas s'adapter suffisamment rapidement aux changements climatiques que nous observons, et les ANN peuvent contribuer à développer des cinétiques plus rapides que celles réalisables par les seules espèces indigènes.

C'est dans les villes, cependant, que les défis de l'atténuation

et de l'adaptation seront les plus grands. Pour ces territoires densément peuplés et bâtis, une réflexion globale intégrant les deux aspects mentionnés est nécessaire pour identifier les stratégies et les mesures urgentes requises pour réduire leur vulnérabilité. Parmi les mesures possibles, la végétalisation des espaces urbains représente une piste d'action potentiellement efficace et peut rendre plus facilement gérable le caractère invasif des espèces non indigènes. En outre, l'utilisation d'ANN dans les zones urbaines a un impact beaucoup plus faible à l'échelle écologique supérieure.

Adaptation au changement climatique

Les recommandations les plus fréquemment décrites accompagnent la dynamique naturelle ou impliquent des interventions actives pour accélérer le processus d'adaptation (feuille de route du Ministère français en charge des forêts):

- Favoriser la résilience des peuplements et la régénération naturelle, qui permet à la variabilité intraspécifique de s'exprimer par une adaptation progressive à de nouvelles conditions et promouvoir l'hétérogénéité des peuplements. Les espèces ayant des préférences climatiques différentes, un peuplement d'espèces variées peut s'adapter à des conditions climatiques futures incertaines.
- Réduire la densité des peuplements pour diminuer la consommation d'eau.
- Limiter les espèces sensibles au stress hydrique en dessous de 1000 m (par exemple, l'épicéa et le pin sylvestre) et planter d'autres espèces ou provenances plus méridionales ou non indigènes en sous-étage ou dans les trouées où la régénération actuelle est mal adaptée. Le cèdre et le cyprès, par exemple, peuvent être des atouts dans les zones vulnérables aux incendies.
- Intensifier l'exploitation, par exemple en réduisant les temps de rotation et les diamètres exploitables afin de limiter l'exposition aux risques et de réagir plus rapidement en cas de dépérissement.
- Pratiquer l'amélioration génétique par la sélection afin d'augmenter la résistance au stress hydrique, aux gelées tardives, aux ravageurs et aux maladies, mais aussi en tenant compte de l'origine géographique des graines et des

procédures de collecte des graines qui sont cruciales pour l'adaptation des espèces.

- Enfin, le maintien de la connectivité des forêts est essentiel pour permettre la migration des espèces.

L'espace forestier alpin

Dans l'espace alpin, 42,5 % de la surface terrestre totale est couverte par des forêts, avec une tendance à l'augmentation de la surface forestière. 6,3 millions d'hectares sont couverts par des forêts de conifères, 7,2 millions d'hectares par des forêts de feuillus, et 3,2 millions d'hectares par des forêts mixtes (Figure 1). Les ressources forestières ne doivent pas être considérées comme une entité monolithique. Au contraire, elles jouent un rôle multiforme, avec des modèles et des relations complexes entre les forêts et les autres zones naturelles, leur utilisation et leur interaction avec d'autres systèmes anthropiques.

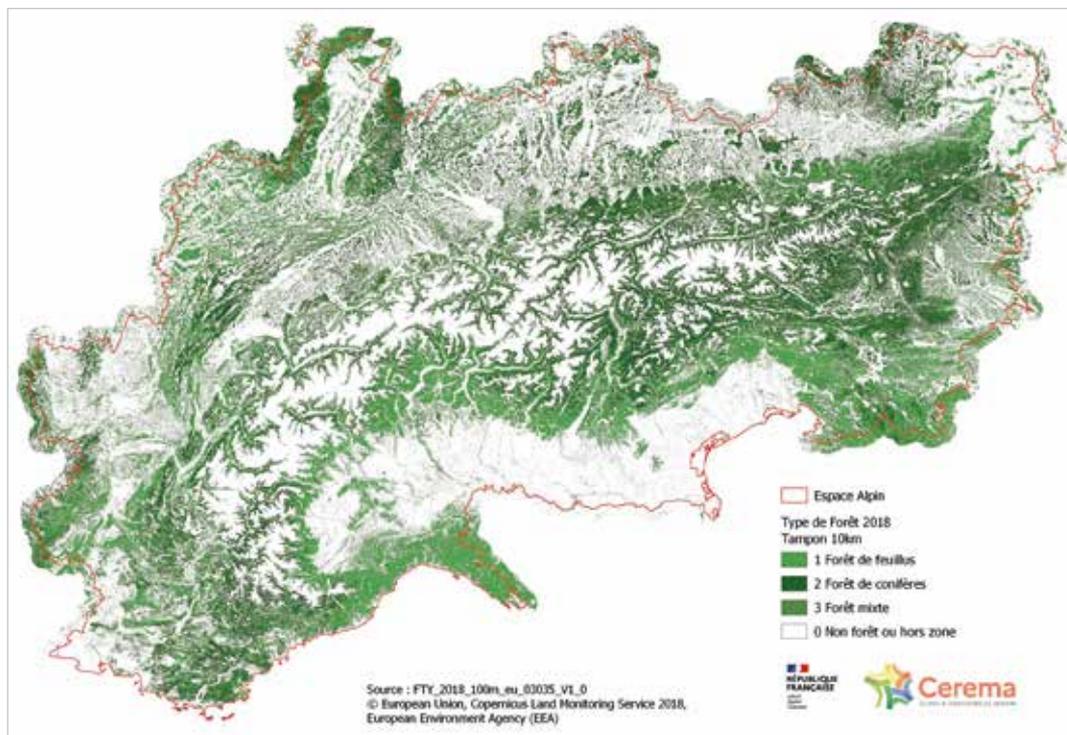


Figure 2: Carte générale de la couverture forestière et des types de forêts dans la région alpine.

Les services écosystémiques forestiers (SEF)

Services culturels récréationnels et rendus par le paysage

Le dépérissement forestier transforme à long terme les paysages forestiers et augmente les risques d'accidents (chutes de branches, etc.) et les risques pour la santé humaine (chenilles processionnaires du chêne et du pin, etc.), justifiant ainsi la restriction de l'accès du public à certaines zones.

Biodiversité

Les changements des conditions environnementales peuvent influencer la biodiversité en compromettant le maintien de certaines espèces tout en ouvrant des niches écologiques à de nouvelles espèces. Le maintien de certaines espèces qui dépendent d'espèces menacées sera également compromis par un effet domino.

Qualité de l'eau

La réduction de la couverture forestière dans les bassins versants ou autour des zones de captage pourrait diminuer la fonction d'épuration de ces forêts. Une couverture forestière dense et saine contribue à maintenir des flux fiables d'eau de haute qualité en aval.

Sécurité des populations humaines, maintien des habitats naturels

Protection contre l'érosion et les risques naturels dont les incendies. Dans les zones de montagne où la forêt est utilisée depuis la fin du 19^{ème} siècle pour stabiliser des terrains rendus instables par la surexploitation et le pâturage, les risques de crues torrentielles, de chutes de blocs, de glissements de terrain ou d'avalanches pourraient augmenter localement en cas de régression et de dépérissement de la forêt.

Production de bois, stockage du carbone et régulation du climat

Dans l'espace alpin, une part importante des émissions de carbone est "absorbée" par la séquestration pendant la croissance des arbres (productivité biologique) dans les forêts. Les effets de stockage du carbone sont également provoqués par l'utilisation de produits en bois à longue durée de vie et

par l'évitement d'émissions en substituant le bois à d'autres matériaux plus énergivores. Les sécheresses et les vagues de chaleur, associées aux feux de forêt, aux rafales de vent et aux épidémies d'insectes nuisibles, affecteront la vitalité des forêts et donc leur capacité à stocker le carbone et à compenser une partie de nos émissions.

Cartographie des hotspots des ESF: Un outil d'aide à la décision pour les parties prenantes

La superposition de l'évaluation et de la cartographie de plusieurs services écosystémiques permettra d'identifier les hotspots des services écosystémiques forestiers dans l'espace alpin.

Naturellement, certains ESF sont plus cruciaux que d'autres dans des contextes spécifiques (par exemple, la protection contre les éboulements et les avalanches dans les zones de loisirs), et il faudrait pondérer arbitrairement les évaluations pour obtenir des résultats cartographiques utiles. Mais cela représente néanmoins un point de départ pour la réflexion. Ce processus permettrait d'informer les parties prenantes des endroits où il est le plus souhaitable de conserver et de préserver les forêts en raison des services qu'elles fournissent. Une carte des points chauds de multiples FES à une résolution de 1 km pourrait servir d'outil d'aide à la décision pour les parties prenantes pour divers scénarios actuels et futurs ... C'est une partie de l'analyse multicritères ...

Dans le contexte du changement climatique, les parties prenantes choisiraient des scénarios pour stimuler, maintenir, faciliter, ou innover leurs zones forestières avec la base de données des ANN comme l'indique le schéma ci-dessous. Plusieurs leviers sont stratégiques pour l'adaptation à court et long terme, notamment le développement de la Recherche et Développement sur les espèces existantes et nouvelles comme les Arbres Non Natifs (ANN), les nouveaux modèles sylvicoles, les mélanges, sur la migration assistée des espèces forestières, etc.... “

Les partenaires du projet ALPTREES sont conscients que l'introduction d'arbres non indigènes dans des écosystèmes

naturels existants comporte des risques (caractère invasif des nouvelles espèces à introduire, modification du fonctionnement des écosystèmes entre autres...), mais toutes les pistes sont à explorer car les forêts ne pourront pas s'adapter avec la même cinétique que les changements climatiques que nous observons et les ANN peuvent aider à développer des cinétiques plus rapides que celles nécessaires aux espèces indigènes...

Bibliographie

Francesco Orsi, Marco Ciolli, Eeva Primmer, Liisa Varumo, Davide Genettti, Mapping hotspots and bundles of forest ecosystem services across the European Union, *Land Use Policy*, Volume 99, 2020, 104840, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104840>.

LES REGLEMENTATIONS DES ESPECES NON INDIGENES A TRAVERS L'ESPACE ALPIN

*Aleksander MARINŠEK, Anja BINDEWALD,
Nicola La PORTA, Reneema HAZARIKA, Patricia DETRY,
Frederic BERGER, Katharina LAPIN*

Les principaux objectifs de la législation relative aux espèces non indigènes sont d'empêcher ou de réglementer leur propagation dans la nature, de fournir des mesures de contrôle des espèces envahissantes et d'établir des listes d'espèces autorisées à être utilisées comme matériel forestier de reproduction ou à d'autres fins forestières.

Les législations des pays de la région alpine sont rares et diffèrent considérablement. Dans certains cas, il existe également des différences de législation entre des régions distinctes au sein d'un même pays.

1.1 Slovenie

Réglementation dans le domaine de la sylviculture

La loi slovène sur les forêts ne comporte aucune disposition directement liée aux espèces non indigènes. La réglementation relative à la protection des forêts (Journal officiel de la République de Slovénie, n° 114/2009) régit, entre autres, les conditions de gestion et d'utilisation durables des forêts et le maintien de l'équilibre biotique de l'écosystème forestier. Une règle sur les espèces non indigènes a été modifiée en 2009. Le règlement stipule désormais que l'établissement ou l'introduction d'arbres non indigènes (ANI) dans l'écosystème forestier est autorisé conformément aux règles de conservation de la nature, au matériel de reproduction forestier et aux plans de gestion forestière. Le règlement comprend des dispositions importantes sur la manière de procéder lorsque des organismes nuisibles (qui peuvent également être des espèces non indigènes) apparaissent dans la forêt.

Réglementation dans le domaine de la conservation de la nature

Les espèces exotiques ou non indigènes sont principalement réglementées par la loi sur la conservation de la nature (ZON - UPB2, Journal officiel n° 96/2004). Cependant, le terme “espèce exotique envahissante” n’a pas encore été défini en Slovénie. Il existe également un vide juridique concernant la confiscation des plantes ou des animaux d’espèces non indigènes qui mettent en danger les espèces indigènes, car la loi d’application prévue par la loi sur la conservation de la nature n’a pas encore été adoptée.

En vertu de la loi sur la conservation de la nature, l’implantation de plantes et d’animaux d’espèces sauvages non indigènes est généralement interdite. Elle peut toutefois être autorisée à titre exceptionnel, si l’évaluation des risques d’impact sur la conservation de la nature détermine que l’intervention ne mettra pas en danger l’équilibre naturel ou les composantes de la biodiversité.

La migration des plantes et des animaux non indigènes qui vivent déjà dans un écosystème donné doit être surveillée et contrôlée. Quiconque souhaite procéder à une réinstallation doit en informer le ministère chargé de la conservation de la nature et joindre à sa demande les conclusions d’une étude d’impact. Ces dispositions ne s’appliquent toutefois pas aux plantes utilisées dans les activités agricoles et forestières.

Le décret sur les zones de protection spéciale (sites Natura 2000) (Journal officiel, RS n° 49, 2004, amendements: 110/2004, 59/2007, 43/2008, 8/2012) définit la politique de protection à l’article 7, qui comprend le passage suivant: “... (5) Les animaux et les plantes d’espèces non indigènes et les organismes génétiquement modifiés ne doivent pas être introduits dans le site Natura.” Certaines mesures de contrôle des espèces exotiques envahissantes dans les sites Natura 2000 sont également énoncées dans le programme de gestion des sites Natura 2000 (2015-2020).

1.2 Allemagne

Réglementation dans le domaine de la sylviculture

La partie de l'Allemagne appartenant officiellement à la région alpine comprend les états de Baden-Württemberg et de Bavière. La loi allemande sur les forêts ainsi que les lois forestières du Bade-Wurtemberg ne contiennent aucune information explicite sur l'utilisation des ANN. Dans la loi sur les forêts de l'État de Bavière, il n'y a pas non plus de passage explicite régissant l'utilisation des ANN. Toutefois, il est recommandé de sélectionner des espèces d'arbres adaptées au site pour la régénération de la forêt et d'inclure de manière adéquate des espèces d'arbres indigènes. La loi allemande sur la reproduction forestière (version de 2003) fournit une liste des espèces autorisées à être utilisées comme matériel forestier de reproduction (à partir de 2019), à savoir *Abies grandis*, *Larix kaempferi*, *Larix x eurolepis*, *Picea sitchensis*, *Populus* hybrides, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus rubra* et *Robinia pseudoacacia*. D'autres ANN utilisés en Allemagne sont réglementés par la directive européenne (directive 1999/105/CE du Conseil du 22 décembre 1999), et la plupart des États fédéraux allemands recommandent des matériels forestiers de reproduction qui ne sont pas nécessairement réglementés par la loi allemande sur la reproduction forestière.

Réglementations dans le domaine de la conservation de la nature

L'Agence fédérale pour la conservation de la nature en Allemagne (BfN 2020) recommande des mesures de gestion pour les ANN considérées comme envahissantes en Allemagne (Nehring et al., 2013), en mettant l'accent sur les sites spéciaux qui sont des zones prioritaires pour la conservation de la nature ou qui sont généralement situés dans des zones protégées. Ainsi, il est recommandé d'éliminer les ANN nuisibles dans ces zones au moyen de mesures d'entretien adéquates. Les peuplements voisins de ANN doivent être convertis dans le cadre de mesures de gestion sylvicole et conformément au principe de précaution. En outre, les cultures à proximité des zones menacées devraient être évitées à l'avenir (BfN 2020).

Ces recommandations ne sont toutefois pas juridiquement contraignantes pour certains ANN.

Outre ces recommandations générales pour l'ensemble de l'Allemagne, des réglementations spécifiques régissant la culture des ANN dans les zones protégées s'appliquent également. En fonction du statut de protection ou des réglementations relatives aux zones protégées, la culture de ANN (potentiellement) invasives est soit possible (par exemple, dans la plupart des zones de protection du paysage), soit soumise à des restrictions (par exemple, dans de nombreuses zones de conservation de la nature et dans les zones Natura 2000 en cas de détérioration potentielle de l'état de conservation).

Sud-ouest de l'Allemagne

Des lignes directrices relatives aux ANN existent également à l'échelle régionale. Par exemple, dans l'État du Bade-Wurtemberg, dans le sud-ouest de l'Allemagne, la surveillance et le contrôle des ANN qui sont ou peuvent devenir envahissantes sont légalement inscrits dans le concept général de conservation des forêts (ForstBW, 2015). Ce concept est contraignant dans les forêts domaniales et stipule les mesures suivantes pour traiter les espèces potentiellement nuisibles.

(1) Dans les zones à haute valeur de conservation de la nature, il est interdit d'augmenter la part des ANN par le biais de la plantation ou de la gestion active, et la part globale des espèces ANN doit être diminuée. Ces zones comprennent les habitats (forestiers) rares et précieux protégés par les lois sur la conservation de la nature (§33 de la loi sur la conservation de la nature BW, §30a de la loi sur les forêts BW, §30 de la loi fédérale allemande sur la conservation de la nature, directive européenne sur les habitats). Plus précisément, ces zones comprennent:

- les habitats légalement protégés, y compris les habitats Natura 2000,
- les zones de conservation de la nature,
- les réserves forestières,
- les zones rares et précieuses au niveau régional, comme les types de forêts semi-naturelles.

(2) Les ANN ne peuvent être plantés ou régénérés naturellement à proximité de zones protégées ou d'habitats dans

lesquels ces espèces d'arbres pourraient devenir envahissantes.

(3) Une part de 20% de ANN dans les forêts publiques ne doit pas être dépassée.

Ces lignes directrices font référence aux “espèces exotiques qui menacent les écosystèmes”, aux “espèces prioritaires” ou aux “habitats dans lesquels les espèces pourraient être envahissantes”. Elles ne précisent pas quels sont les habitats sensibles aux ANN et quels sont les ANN problématiques, à l'exception du fait que les approches de gestion relatives au Douglas dans les forêts domaniales doivent comporter des zones tampons de 300 m autour des types d'écosystèmes sensibles tels que les habitats quasi-naturels sur sols acides sur des sites pauvres en bases et secs (forêts de bouleaux et de chênes, forêts de chênes sessiles, forêts de chênes mixtes et habitats ouverts tels que les affleurements rocheux avec une couverture arborée éparse) (ForstBW 2014).

Bibliographie

- Germany, Forest Act for Baden-Württemberg (Waldgesetz für Baden-Württemberg). 1995. <https://www.landesrechtbw.de/jportal/?quelle=jlink&query=WaldG+BW&psml=bsbauweprod.psml&max=true&az=true>
- Germany, Forestry Law of Bavaria (Landeswaldgesetz Bayern). 2005. <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayWaldG>true>
- ForstBW. 2014. Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Landesbetrieb Forst Baden-Württemberg: Stuttgart, Germany, 118 p.
- Nature Conservation and Landscape Management Act (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG). 2009. https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BjNR254210009.html
- BfN. 2020. Wälder im Klimawandel: Steigerung von Anpassungsfähigkeit und Resilienz durch mehr Vielfalt und Heterogenität: Ein Positionspapier des BfN, Federal Agency for Nature Conservation, Bonn-Bad Godesberg, Germany, 33 pp. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN-Positionspapier_Waelder_im_Klimawandel_bf.pdf
- German Forest Reproduction Act. 2003. https://www.ble.de/DE/The-men/Wald-Holz/Forstliches-Vermehrungsgut/forstliches-vermehrungsgut_node.html

1.3 France

La réglementation relative aux espèces exotiques en France

En France, les principaux éléments de la réglementation sur les espèces exotiques sont vus à travers le prisme des espèces exotiques envahissantes, qui sont énoncées dans le Code de l'environnement (et les textes d'application associés) et, dans une moindre mesure, dans le Code rural.

La politique nationale française en matière d'espèces végétales non indigènes constitue le cadre d'application du règlement de l'Union européenne adopté en octobre 2014 (règlement UE n°1143/2014). Ce règlement européen sur les espèces exotiques envahissantes (EEE) interdit aux États membres d'importer, de cultiver, de reproduire, de vendre ou de relâcher dans la nature trente-sept espèces de plantes et d'animaux qui menacent la biodiversité. La loi française du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages comporte des dispositions visant à appliquer cette réglementation européenne à l'ensemble des territoires français (y compris les outre-mer). Cette politique est partagée principalement entre les ministères de l'écologie, de la santé et de l'agriculture. Les dispositions transversales applicables aux espèces exotiques envahissantes en France métropolitaine sont désormais codifiées aux articles L.411-5 à L.411-10 du code de l'environnement. Le ministère en charge de l'écologie est responsable de l'élaboration de la stratégie nationale, notamment de la mise en œuvre du règlement européen. Le cadre réglementaire français s'accompagne donc d'une véritable stratégie nationale permettant une action cohérente avec une vision à moyen terme et des priorités d'action. Les mesures de prévention et de lutte contre les EEE sont entreprises en priorité contre les espèces exotiques jugées les plus préoccupantes. La stratégie hiérarchise les espèces au niveau national en fonction des grands domaines territoriaux et des types de milieux impactés ou menacés.

Les 11 Conservatoires botaniques nationaux (CCN) de France métropolitaine participent à l'inventaire du patrimoine naturel végétal, à l'identification et à la conservation des éléments rares et menacés de la flore, de la végétation et des habitats naturels et semi-naturels. Depuis le 1er janvier 2017, la coordination technique des CNB est assurée par le nouvel Office français

de la biodiversité (établissement public français sous tutelle du ministère en charge de l'écologie). Ainsi, les plantes invasives sont inventoriées et étudiées en suivant leur répartition et leur comportement au sein des territoires afin d'identifier les espèces problématiques pour le patrimoine naturel et nécessitant des mesures de lutte. Chaque Conservatoire botanique établit une liste hiérarchisée des espèces végétales exotiques envahissantes pour les territoires qu'il gère afin de caractériser la stratégie à adopter par les gestionnaires pour chaque taxon. Toutes les espèces exotiques ne génèrent pas forcément des impacts importants sur la diversité biologique, et encore moins sur la santé humaine et l'économie.

A partir de ces listes, la stratégie française pour la biodiversité s'articule autour de cinq axes principaux :

- La prévention de l'introduction et de la propagation des EEE;
- Interventions pour gérer les espèces et restaurer les écosystèmes;
- Amélioration et partage des connaissances;
- La communication, la sensibilisation, la mobilisation et la formation;
- la gouvernance.

Au niveau territorial, les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL en français) sont chargées d'encadrer la surveillance des EEE dans le cadre de l'arrêté du 14 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire métropolitain. Cet arrêté stipule que " l'introduction sur le territoire, y compris le transit sous surveillance douanière, l'introduction dans le milieu naturel, la détention, le transport, le colportage, l'utilisation, l'échange, la vente ou l'achat de spécimens vivants d'espèces végétales inscrites sur une liste nationale sont interdits sur l'ensemble du territoire métropolitain en tout temps. " Au sens de l'arrêté, un " spécimen vivant " est défini comme " toute plante vivante, toute fructification, toute propagule, ou toute autre forme prise par une espèce végétale au cours de son cycle biologique " .

Certaines autorisations peuvent être accordées à titre exceptionnel, mais toujours dans les conditions prévues par le Code de l'environnement, et à la condition que les spécimens soient

conservés et manipulés en milieu confiné au profit des institutions qui les réalisent:

- Des recherches sur ces espèces ou leur conservation en dehors de leur milieu naturel.
- Des activités autres que celles mentionnées ci-dessus dans des cas exceptionnels, pour des raisons d'intérêt public impérieux, y compris de nature sociale ou économique, et après autorisation de la Commission européenne.

Pour accompagner la mise en œuvre de cette réglementation, le ministère de la Transition écologique et solidaire a publié trois documents techniques relatifs à la mise en œuvre de la réglementation sur les espèces exotiques envahissantes:

1. Une note technique sur la mise en œuvre des opérations de lutte contre les EEE, qui vise à fournir un cadre technique et réglementaire concernant la conduite de ces opérations, aborde la possibilité de pénétrer dans les propriétés privées, et fournit diverses informations sur la gestion et le devenir des déchets issus des interventions de gestion ou le financement des opérations et des indemnisations.
2. Une note technique sur les régimes d'autorisation des EEE (principalement la détention), qui fait également le lien avec la réglementation sur la faune sauvage captive.
3. Une circulaire sur la mise en œuvre des contrôles aux frontières pour éviter l'introduction en France métropolitaine d'EEE en provenance de pays tiers.

Compte tenu de la définition des espèces exotiques envahissantes et de la menace qu'elles représentent pour la biodiversité et les services écosystémiques associés, toutes les réglementations des codes réglementaires français relatives à la conservation de la biodiversité s'appliquent aux espèces non indigènes, et notamment aux espèces arboricoles. Selon les articles L112-1 et suivants du code forestier, la conservation des ressources génétiques et de la biodiversité des forêts est reconnue d'intérêt général; la politique forestière relève de la compétence de l'Etat et vise à assurer la gestion durable des bois et forêts en tenant compte de leurs fonctions économiques, écologiques et sociales, l'Etat veillant notamment au maintien de l'équilibre et de la diversité biologiques. Selon

l'article L121-3 du code forestier, les bois et forêts relevant du régime forestier doivent répondre " de manière spécifique aux besoins de l'intérêt général, soit en remplissant les obligations particulières prévues par ce régime, soit en favorisant des activités telles que l'accueil du public, la conservation des milieux, la prise en compte de la biodiversité, la recherche scientifique."

En France, l'utilisation d'essences non indigènes est strictement encadrée et réglementée dans le cadre de la stratégie nationale de préservation de la biodiversité, aucun des codes français ne dérogeant à cette stratégie.

En outre, la France est signataire de la Convention alpine et a ratifié son protocole sur la protection de la nature et la conservation des paysages. Par conséquent, l'espace alpin français bénéficie d'un cadre réglementaire renforcé par l'article 17 de ce protocole, qui concerne l'interdiction de l'introduction d'espèces non indigènes à la région alpine: " Les parties contractantes veillent à ce que ne soient pas introduites dans une région des espèces animales et végétales sauvages qui n'y ont jamais été indigènes dans le passé connu. Elles peuvent prévoir des exceptions si l'introduction est nécessaire pour certaines utilisations et si elle n'a pas d'effets négatifs sur la nature et le paysage."

1.4 Autriche

Réglementations et processus forestiers concernant les espèces d'arbres non indigènes en Autriche

L'Autriche est l'un des pays les plus riches d'Europe centrale en termes d'espèces d'arbres et possède une longue tradition de sylviculture durable. La surface terrestre couverte par les forêts est de 47,9 % (4,02 millions d'hectares), ce qui est bien supérieur à la moyenne de l'UE. Environ 88 % de cette superficie (3,53 millions d'ha) est constituée de forêts productives gérées (BFW 2019). L'inventaire forestier national autrichien fait état d'une proportion moyenne d'espèces d'arbres exotiques inférieure à 2 % en Autriche (NFI 2009). Les espèces d'arbres exotiques les plus fréquemment présentes dans les zones d'inventaire forestier au cours de la récente

période d'inventaire (2007-2009) étaient des peupliers hybrides (*Populus deltoides* × *Populus nigra*) ainsi que des Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et des robiniers faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*).

La loi forestière autrichienne de 1975 (Forstgesetz, 1975) fournit une liste de genres de ANN (conifères et feuillus, voir le tableau ci-dessous) autorisés à être utilisés comme matériel forestier de reproduction (MFR) et à des fins forestières (loi forestière version 2017). Ces ANN ont été choisis compte tenu de leur importance économique et de la demande de bois de haute qualité. Certains d'entre eux se sont avérés avoir une importance écologique, voire être essentiels au maintien de l'équilibre fonctionnel et de la biodiversité des forêts européennes dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.

En outre, la gestion et l'utilisation des espèces exotiques envahissantes sont réglementées par les lois sur la protection de la nature des neuf États individuels. Dans la loi styrienne sur la protection de la nature 1976/2017 (Steiermärkisches Naturschutzgesetz 2017) sur la protection et l'entretien de la nature, par exemple, les espèces envahissantes figurant sur la liste noire sont *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* et *Acer negundo*. Ces réglementations sont soutenues par les stratégies et les concepts de planification d'autres secteurs, par exemple la stratégie énergétique de l'Autriche, le plan d'action national sur les produits phytosanitaires (pesticides), la stratégie touristique autrichienne et le concept autrichien de développement spatial.

Table 1: Liste des genres de conifères et de feuillus de NNT figurant dans la loi forestière autrichienne de 1975 (version 2017).

Source: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010371>

Conifères	Feuillus
<i>Abies</i>	<i>Acer</i>
<i>Cedrus</i>	<i>Ailanthus</i>
<i>Chamaecyparis</i>	<i>Betula</i>
<i>Larix</i>	<i>Carya</i>
<i>Metasequoia</i>	<i>Corylus</i>
<i>Picea</i>	<i>Elaeagnus</i>
<i>Pinus</i>	<i>Fagus</i>
<i>Pseudotsuga</i>	<i>Fraxinus</i>
<i>Sequoiadendron</i>	<i>Gleditsia</i>
<i>Thuja</i>	<i>Juglans</i>
<i>Tsuga</i>	<i>Liriodendron</i>
	<i>Platanus</i>
	<i>Populus</i>
	<i>Prunus</i>
	<i>Quercus</i>
	<i>Alnus</i>
	<i>Aesculus</i>
	<i>Robinia</i>

Table 2: Liste des autres réglementations pertinentes concernant les espèces invasives/exogènes en Autriche.

Réglementation en Autriche	Pertinence
Loi sur les semences forestières (Forstliches Vermehrungsgutgesetz) 2002	Régit la commercialisation et la gestion de la circulation des semences forestières ainsi que les importations et les exportations vers d'autres pays
Plan d'action autrichien sur les espèces exotiques (neobiota), (Aktionsplan für invasive gebietsfremde Arten in Österreich) 2004	Axé sur les activités concernant les espèces invasives ou potentiellement invasives ou celles ayant un impact sur la santé humaine.
Stratégie autrichienne d'adaptation au changement climatique 2012–2013.	En ce qui concerne la sylviculture et la biodiversité, la stratégie mentionne l'attente d'une augmentation de la composition des espèces, y compris le problème des espèces d'arbres envahissantes (exotiques) et l'émergence de parasites envahissants mutants et nouveaux causant des dommages aux plantes et aux produits végétaux.
Stratégie en faveur de la biodiversité Autriche 2020+ (Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+)	L'objectif 8 de la stratégie pour la biodiversité Autriche 2020+ mentionne spécifiquement la réduction de l'impact négatif des espèces invasives/exogènes.
Stratégie pour les parcs nationaux (2010)	Vise à positionner les 6 parcs nationaux comme des modèles de conservation en Autriche, avec une gestion des arbres et des opportunités économiques dans les zones des parcs.

Table 3: *Autres réglementations régionales notables pour la conservation des forêts et des paysages naturels en Autriche.*

Lois régionales sur la conservation de la nature	Année de mise en œuvre
Loi viennoise sur la protection de la nature (Wiener Naturschutzgesetz)	1998
Loi styrienne sur la protection de la nature (Steiermärkisches Naturschutzgesetz)	1976
Loi sur la protection de la nature et des paysages du Burgenland (Burgenländisches Naturschutz und Landschaftspflegegesetz)	1990
Loi sur la protection de la nature de Salzbourg (Salzburger Naturschutzgesetz)	1999
Loi de Haute-Autriche sur la protection de la nature et du paysage (OÖ Naturschutz und Landschaftschutzgesetz)	2001
Loi de 2002 sur la conservation de la nature en Carinthie (Kärntner Naturschutz und Landschaftspflegegesetz)	2002
Loi sur la protection de la nature du Tyrol (Tiroler Naturgesetz)	2005
Loi sur la protection de la nature et le développement du paysage du Vorarlberg (Rechtsvorschrift für Gesetz über Naturschutz und Landschaftsentwicklung, Vorarlberg)	2016
Loi sur la protection de la nature, Basse-Autriche (NÖ Naturschutzgesetz)	2000/2016

1.5 Italie

Réglementation forestière concernant les arbres non natifs (ANN) dans les régions alpines italiennes

Réglementations dans le domaine de la sylviculture:

Bien que les ANN constituent une menace pour l'environnement et les écosystèmes, il n'existe pas encore de cadre de référence national homogène en Italie, ni d'applications connues d'outils relatifs à l'analyse des dommages environnementaux (conformément au décret législatif n° 152/2006) qui seraient en principe également applicables aux invasions biologiques. Au niveau national, le récent décret législatif n° 34 du 03/04/2018, " Texte unique sur les forêts et les chaînes forestières ", en application du règlement (UE) n° 1143/2014 du 22/10/2014 et supplantant toute la législation forestière précédente, indique de manière générique que " le remplacement des peuplements d'espèces forestières indigènes par des espèces exotiques est interdit " (article 7). L'État délègue des actions spécifiques comme la re-naturalisation des boisements artificiels et la protection des espèces indigènes rares et sporadiques ainsi que la protection des arbres anciens et monumentaux dans les régions. L'Italie est un pays fortement décentralisé avec une législation régionale concomitante dans les domaines de la sylviculture et des ANN. Dans sept des régions du nord (d'ouest en est: Ligurie, Piémont, Val d'Aoste, Lombardie, Trentin-Tyrol du Sud, Vénétie et Frioul-Vénétie Julienne), certaines compétences relatives à la réglementation des ANN peuvent relever exclusivement du niveau régional de l'administration. Toutefois, seules quelques réglementations régionales ont accordé une attention spécifique à la question des ANN et possèdent donc une portée innovante (par exemple, la L.R. 31/03/2008, n° 10 dans la région de Lombardie et l'interdiction réglementée par une loi forestière pour la région Frioul-Vénétie Julienne, loi régionale n° 9 sur les ressources forestières du 23/04/2007). En outre, il existe également des incohérences législatives et des contradictions apparentes entre les législations régionales. Un exemple controversé est l'utilisation du criquet pèlerin dans la région de Lombardie. Cet ANN est mentionné dans plusieurs

actes et considéré sous différents angles. Selon le règlement de l'UE n° 1306/2013, les agriculteurs peuvent demander un financement pour l'éradication et le contrôle locaux des populations de criquets noirs - et de fait, l'espèce figure sur la liste noire régionale (loi régionale n° 10/2008, IT17), qui comprend l'engagement de "surveiller, contenir l'expansion et éradiquer (localement)". Plusieurs projets LIFE visent également à lutter contre la propagation du criquet pèlerin. D'autre part, un autre instrument juridique (Delibera della Giunta regionale Lombardia 20/02/2008 - n° 8/6633) prévoit des amendes en cas de dommages causés aux plantations de criquets noirs sur des terrains publics et privés. En outre, la production de miel de robinier est soutenue financièrement en vertu du règlement (CE) n° 1234/2007 du Conseil, et le miel a même obtenu l'appellation d'origine protégée (AOP) (règlement (UE) n° 1151/2012). Non seulement en Lombardie mais aussi dans plusieurs autres régions italiennes, les robiniers noirs monumentaux sont protégés par des lois dédiées. En raison de ces réglementations contradictoires, un degré considérable d'incertitude existe dans de nombreuses régions quant aux espèces qui peuvent en fait être utilisées en foresterie, et dans quelle mesure. Enfin, la législation existante est insuffisante en termes de sanctions.

Réglementation dans le domaine de la conservation de la nature:

La législation nationale italienne relative à Natura 2000 commence avec le décret du Président de la République (DPR) du 8 septembre 1997, n° 357 et ses modifications ultérieures, intitulé "Règlement d'application de la directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels et semi-naturels, ainsi que de la flore et de la faune sauvages". L'article 12 est ainsi rédigé: "Introductions et réintroductions: Le Ministère de l'Environnement et de la Protection du Territoire, après consultation du Ministère des Politiques Agricoles et Forestières et de l'Institut National de la Faune, pour autant que cela soit applicable, et de la Conférence pour les rapports des accords permanents entre l'État, les régions et les provinces autonomes de Trente et de Bolzano, établit par décret les lignes directrices pour la réintroduction et le

repeuplement des espèces autochtones visées à l'annexe D des espèces énumérées à l'annexe I de la directive 79/409/CEE.

En outre, le DPR du 12 mars 2003, n° 120 et ses modifications ultérieures, intitulé "Règlement contenant des modifications et des compléments au décret du Président de la République du 8 septembre 1997, n° 357, concernant l'application de la directive 92/43/CEE sur la conservation des habitats naturels et semi-naturels, ainsi que de la flore et de la faune sauvages" décrète que "l'introduction, la réintroduction et le repeuplement dans la nature d'espèces ou de populations non indigènes sont interdits".

Enfin, le décret du Ministre de l'Environnement et de la Protection du Territoire et de la Mer du 17 octobre 2007, n° 184, intitulé "Critères minimaux uniformes pour la définition des mesures de conservation relatives aux Zones Spéciales de Conservation (ZSC) et aux Zones de Protection Spéciale (ZPS)" promeut

- 1) la création de rangées d'arbustes avec des espèces indigènes en bordure des parcelles cultivées;
- 2) la mise en jachère à long terme de terres arables ainsi que la conversion de terrains de peupliers en forêts de feuillus indigènes, en prairies de fauche ou en zones humides.

Les listes et les exigences de la législation régionale régissant des aspects spécifiques de la protection de la nature et des zones Natura 2000 sont également incluses.

1.6 Suisse

La Suisse compte 26 cantons, subdivisions administratives représentant les États membres de la Confédération helvétique. Chaque canton de l'ancienne Confédération suisse était un État pleinement souverain, avec ses propres contrôles frontaliers et ses propres législations. La loi fédérale suisse sur les forêts (LFo) a été adoptée par l'Assemblée fédérale de la Confédération suisse en 1993 et ne comporte aucun objectif spécifique concernant les EEE. En 2009, la Suisse a lancé un programme de recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique, qui a abouti à la révision de la loi fédérale sur les forêts de 2016, la première loi à être spécifiquement liée à la protection des forêts dans le contexte de l'adap-

tation au changement climatique. Cette nouvelle loi permet la migration assistée des espèces d'arbres et des sources éloignées mais appropriées de matériel forestier de reproduction. Elle stipule le rajeunissement des forêts, en renforçant leur capacité d'adaptation génétique et en contribuant ainsi à assurer leur durabilité à long terme.

Un rapport publié en 2016 par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur les espèces non indigènes en Suisse recense plus de 800 espèces exotiques établies, dont un peu plus de 100 sont considérées comme potentiellement envahissantes. La Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes adoptée en 2016 indique que les autorités suisses doivent se concentrer sur la prévention et l'éradication sur place pour faire face aux espèces envahissantes. En Suisse, les autorités fédérales sont responsables de la réglementation, de la coordination et de la mise en œuvre de la gestion des EEE, ainsi que de la sensibilisation du public aux EEE et de l'information et de l'éducation des groupes cibles concernés. Mais en 2019, une étude suisse sur la sensibilisation concernant les EEE a révélé que seuls 40% des participants du grand public connaissaient même le terme "espèce exotique envahissante". La résolution Forest Europe M2 adoptée à Madrid en 2015 avec la Suisse comme l'un de ses signataires engage les pays signataires à "accroître les travaux d'adaptation des forêts et de la gestion forestière au changement climatique pour prévenir et atténuer les dommages causés par les conditions changeantes à l'échelle locale et régionale afin de garantir toutes les fonctions des forêts européennes, y compris leur résilience aux risques naturels et leur protection contre les menaces d'origine humaine, en maintenant leurs fonctions de production et de protection."

Sur le plan international, la Suisse s'est engagée à défendre les espèces indigènes dans le cadre de la Convention de Berne de 1979 (conservation de la faune et de ses biotopes), du Réseau Émeraude pour les aires protégées et de la Convention de l'ONU sur la diversité biologique (CDB). Ratifiée par la Suisse en 1994, la CDB impose aux États membres de dresser des listes actualisées des espèces envahissantes présentes sur leur territoire et des canaux de diffusion. Selon le règlement d'exemption, la plupart des espèces non indigènes présentes

en Suisse proviennent de l'extérieur de la zone UE/AELE. En l'absence d'une base claire dans le droit communautaire pour empêcher l'entrée et la propagation de plantes et d'animaux envahissants, les États membres de la stratégie de l'UE sur les espèces exotiques envahissantes ont adopté une base juridique pour imposer des restrictions commerciales unilatérales sur les espèces à haut risque (une sorte de liste noire). La Suisse, en tant qu'État non membre de l'UE, s'est jointe à ces campagnes (2008-2009) pour prévenir la propagation de l'ambrosie nord-américaine (*Ambrosia artemisiifolia*), par exemple. Une autre espèce ANN qui se propage rapidement est le palmier de Chine (*Trachycarpus fortunei*), qui devient envahissant dans de nombreuses régions du pays. La loi suisse sur la protection de l'environnement (LPamb, RS 814.01) de 1983 stipule plusieurs principes pour la prévention et l'inhibition de la circulation des espèces exotiques et envahissantes, mais il est encore difficile de gérer la propagation des nouvelles espèces exotiques envahissantes en dehors de la sylviculture et de l'agriculture. Par exemple, il n'existe aucun moyen légal d'empêcher les jardiniers privés d'importer des espèces jugées envahissantes dans d'autres pays. La vente ou l'exportation de quelques espèces invasives est interdite. Lors de la 13e réunion du groupe d'experts sur les espèces exotiques envahissantes, un comité permanent de la Convention de Berne, en 2019, la Suisse a élaboré la Stratégie nationale suisse de gestion des EEE. Cette stratégie vise l'information et la sensibilisation ciblées des différents groupes d'acteurs ainsi que du grand public. Divers services des offices des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air (AWEL) et des offices de l'environnement et de l'énergie (AUE) des différents cantons coopèrent avec l'Office fédéral de l'environnement pour gérer les EEE.

Bibliographie

- Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Strasbourg, 20 June 2019. 13th meeting of the Bern Convention Group of Experts on Invasive Alien Species , T-PVS/Inf(2019)16.
<https://rm.coe.int/analysis-of-national-reports-on-the-implementation-of-the-european-ias/168094f67d>
- EUFORGEN. 2016. Swiss forests to be rejuvenated. <http://www.euforgen.org/about-us/news/news-detail/swiss-forests-to-be-rejuvenated/>
- Junge, X., Hunziker, M., Bauer, N., Arnberger, A., Olschewski, R. 2019. Invasive Alien Species in Switzerland: Awareness and Preferences of Experts and the Public. *Environmental Management* 63, 80–93
<https://doi.org/10.1007/s00267-018-1115-5>
- Pyšek, P., Genovesi, P., Pergl, J., Monaco, A., Wild, J. 2013. Plant Invasions of Protected Areas in Europe: An Old Continent Facing New Problems. 10.1007/978-94-007-7750-7_11
- SWI. 2019. The Swiss Alps are beautiful but are they biodiverse? How Switzerland is battling invasive species. *Alpine Environment*.
https://www.swissinfo.ch/eng/invasive-species-in-switzerland-_foreign-elements-endangering-swiss-biodiversity/44978842
- Schweizerische Eidgenossenschaft: Bundesamt für Umwelt (BAFU)
 Invasive gebietsfremde Arten.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home.html>
- Schweizerische Eidgenossenschaft Federal Act on Forest.
https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/2521_2521_2521/en
- Shine, C., Kettunen, M., Mapendembe, A., Herkenrath, P. Silvestri, S., ten Brink, P. 2009. Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) – Analysis of the impacts of policy options/measures to address IAS (Final module report for the European Commission). UNEP-WCMC/Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium. 101 pp. + Annexes. https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/Shine2009_IAS%20Task%203.pdf

ETUDE DE CAS DU JUGLANS NIGRA

Werner RUHM

Le noyer noir - exigeant mais précieux

Sur le marché des feuillus, les essences de noix (noyer, noyer noir) ont atteint des prix moyens de 500 à 800 €/m³ en Autriche ces dernières années. Des pièces individuelles ont été vendues jusqu'à 3 000 €/m³.

Le bois de noyer noir de haute qualité atteint des prix très élevés, avec des grumes de placage individuelles pouvant atteindre 5 000 €/m³ en Allemagne et 5 000 US \$/m³ dans l'aire d'origine de l'espèce aux États-Unis.

Le noyer noir présente un intérêt particulier pour la production de bois à haute valeur ajoutée. En plus de ses bonnes performances de croissance, le bois de l'espèce est de très haute qualité. La demande actuelle de bois de noyer en Autriche dépasse la production locale.

Répartition

L'aire de répartition indigène du noyer noir (*Juglans nigra*) s'étend sur la majeure partie de l'est des États-Unis, où il est présent dans les forêts riveraines et dans les bons peuplements de feuillus - le plus souvent dans des mélanges de troupes et de groupes, mais rarement dans des peuplements purs. Dans ces régions, il peut atteindre une hauteur de 46 m avec de longs arbres sans branches et des diamètres de troncs allant jusqu'à 1,8 m. En Autriche, les premières cultures expérimentales ont eu lieu dans les forêts inondables du Danube à la fin du XIXe siècle. Alors que le noyer noir est considéré comme un ANN, le noyer commun (*Juglans regia*) est considéré comme indigène bien qu'il ait été introduit dans la région alpine depuis l'Asie occidentale par les réseaux commerciaux romains. Il est donc classé dans la catégorie des archéophytes.

Caractéristiques générales

Le noyer noir est un arbre à feuilles caduques relativement grand, avec une couronne étalée et des folioles vert foncé.

Il s'agit d'une espèce d'arbre légère qui développe une racine pivotante très profonde et qui est donc considérée comme très résistante aux tempêtes. Le fruit (noix) possède une coque extérieure jaune-vert d'un diamètre de 4 à 6 cm qui devient noire après être restée longtemps sur le sol. L'amande de la graine est comestible. Les arbres supportent sans problème les basses températures hivernales (jusqu'à -40°C selon l'origine) mais sont très sensibles aux gelées tardives. Le noyer noir est très exigeant en matière de peuplement, il a besoin de sites profonds, meubles, bien arrosés et riches en nutriments, avec des valeurs de pH comprises entre 5 et 7. Ces exigences élevées limitent naturellement fortement les possibilités de culture. Les inondations de courte durée sont bien tolérées, tandis que les inondations de longue durée (de 2 à 3 mois) entraînent la mort.

Caractéristiques sylvicoles

Dans de très bons peuplements et avec une taille de couronne appropriée, des diamètres (DBH) de 60 cm peuvent être facilement atteints en 60 à 70 ans.

Pour des raisons de coût et en raison des formes de croissance comparativement bonnes, il est préférable de planter des bouquets relativement larges. Des distances de plantation de 4 à 5 m entre les rangs et de 3 m à l'intérieur des rangs (650 à 830 plants par hectare) constituent un compromis viable pour fournir suffisamment de plants afin de sélectionner les porteurs de croissance les plus prometteurs (futurs arbres) tout en maintenant les coûts de plantation aussi bas que possible. Les concepts de plantation comportant encore moins d'individus - par exemple 12 m entre les rangs et 3 m à l'intérieur du rang (300 individus par hectare) - nécessitent la plantation de "bois flotté" supplémentaire. Selon l'endroit, l'aulne, le charme ou le cerisier pleureur peuvent convenir à cet effet. Si une régénération naturelle se produit entre les individus plantés dans des associations aussi larges, elle est très propice au nettoyage des branches souhaité. La prudence est toutefois de mise: En tant qu'espèce d'arbre léger, il est très sensible à la pression latérale. Les mesures de ramification sont essentielles pour la production de bois de valeur dans les associations larges. L'ensemencement

ment avec 1 à 3 noix par site et des traitements similaires à la plantation a déjà été réalisé avec succès dans de nombreux endroits. L'éclaircissement doit avoir lieu tôt pour favoriser la croissance de la couronne, condition préalable à une forte performance de croissance.

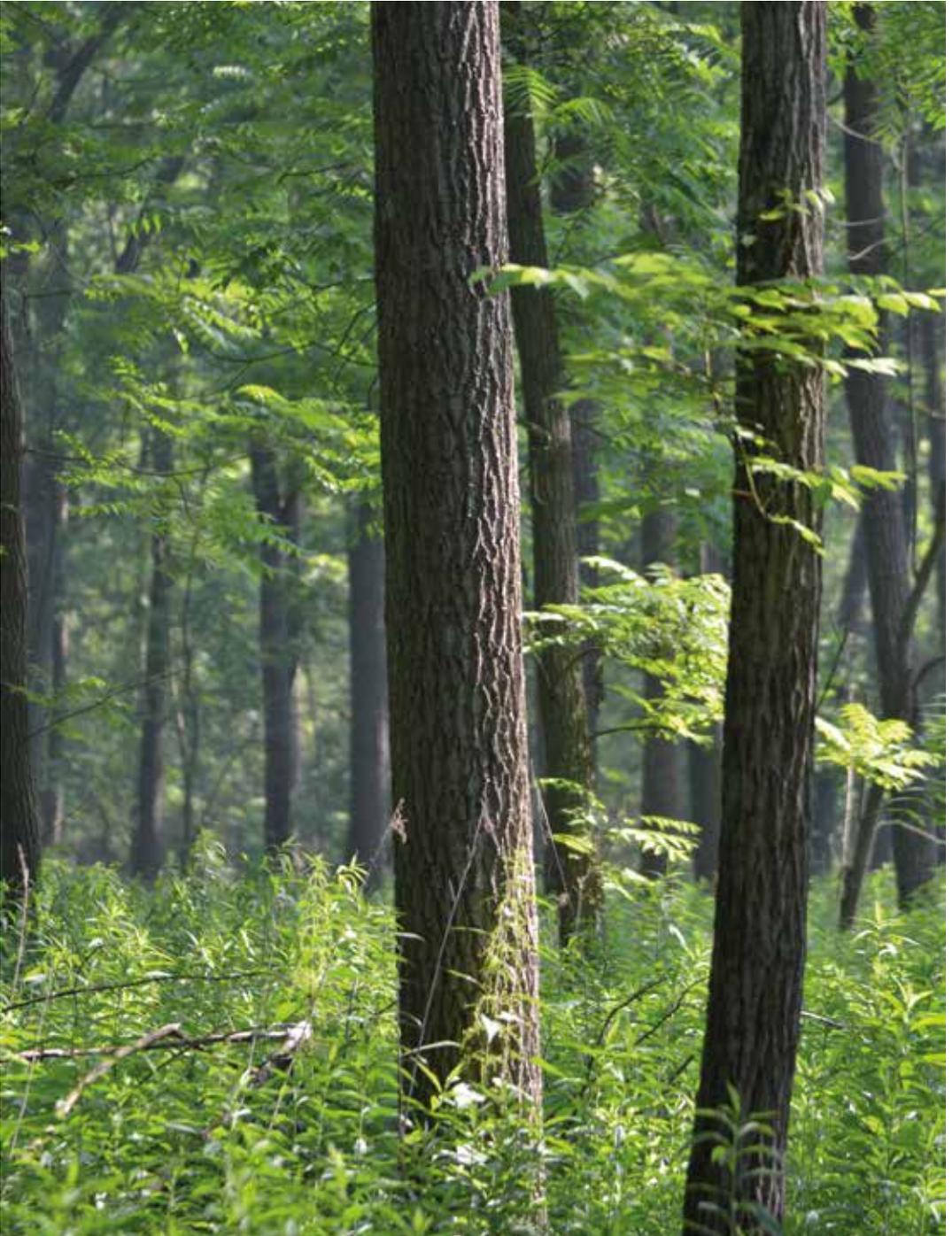
À cette fin, à une hauteur de 8 m, 100 à 120 arbres prometteurs par hectare doivent être sélectionnés, dégagés et éclaircis. À une hauteur de cime de 12 à 15 m, 60 à 80 arbres sont finalement sélectionnés et élagués à leur hauteur finale, les couronnes étant systématiquement dégagées.

Risques

Les infestations fongiques et bactériennes sont moins menaçantes que pour le noyer commun. L'abroutissement par le gibier n'est pas non plus un problème majeur, mais les dégâts de balayage peuvent avoir un impact négatif lorsque le nombre de plantes est faible. En fonction du nombre de plantes, des clôtures ou des mesures de protection individuelles sont donc nécessaires. Les gelées tardives provoquent le gel des pousses terminales, mais la formation de rameaux qui en résulte peut être corrigée par la taille.

Propriétés du bois

Le bois de noyer noir est l'un des bois durs les plus recherchés dans sa région d'origine. L'aubier est blanchâtre à brun clair, le bois de cœur chocolat à brun violacé. Le bois en général est dur et lourd mais élastique, il ne rétrécit que modérément et peut être bien travaillé avec des outils, mais il ne résiste pas aux attaques des champignons et des insectes sans imprégnation. Il est comparable au bois du noyer commun et donc très précieux, étant fréquemment utilisé pour les placages de façade, les meubles, les lambris, les parquets, et comme bois spécial pour le tournage et la sculpture.



INTRODUCTION D'ANN DANS LE PROCESSUS DE GESTION DES FORETS ET DES SITES NATURA 2000 DE LA VALLEE DES SUSA (PIEDMONT - ITALIE) – UNE ETUDE DE CAS ITALIENNE POUR ALPTREES

Sonia ABLUTON, Paolo VARESE

Localisation: Province de Turin

Mise en œuvre: Agence de développement LAMORO en collaboration avec le grand public et les acteurs privés de la zone de référence territoriale.

Objectif: Trouver des références appropriées sur l'inclusion des ANN dans les documents de programmation/planification de la gestion forestière en vigueur ou en cours d'approbation, et en particulier dans les documents suivants:

- Le plan de gestion forestière (Piano Aziendale Forestale - PFA) des communes d'Almese et de Caselleto;
- Le plan de gestion du site Natura 2000 "IT1110081 - Lacs de Monte Musinè et de Caselette".

L'action pilote a été menée dans la Val di Susa (Vallée de Susa) (Figure 1), une vallée de la ville métropolitaine de Turin, dans la région du Piémont. La vallée est située entre les Alpes Graïennes au nord et les Alpes Cottiennes au sud et est l'une des plus longues vallées des Alpes italiennes, s'étendant sur plus de 50 kilomètres de la frontière française à la périphérie de Turin. Elle a longtemps servi de voie de transit reliant la plaine aux cols alpins vers la France. Le territoire offre un riche patrimoine artistique, une culture alpine et une beauté naturelle des montagnes et des forêts, ainsi qu'un patrimoine culinaire basé sur des recettes anciennes et des produits naturels.



Figure 1: Localisation du Val di Susa dans l'espace alpin.

Plus précisément, la zone pilote est située sur le territoire de l'union de communes de montagne appelée "Unione Montana Valle Susa" (Union de montagne de la vallée de Susa), qui compte environ 68 000 habitants.

Dans le passé, il n'y a pas eu de véritable gestion des arbres non natifs (ANN) dans la zone. L'éclaircissement comme mesure sylvicole a été effectué fréquemment dans les forêts de pins pour améliorer leur stabilité, leur croissance et leur fonction protectrice. D'autres interventions réalisées dans le passé visaient à réduire le risque d'incendie (par exemple, le débroussaillage). Le problème du caractère invasif de certaines espèces de ANN est récent et n'a été pris en considération qu'après la création de la ZSC (zone spéciale de conservation) appartenant au réseau Natura 2000.

Les principales espèces d'ANN présentes dans les milieux naturels et semi-naturels du territoire de l'action pilote ont été plantées dans le cadre des reboisements de protection

autour du Mont Musinè entre les années 1920 et 1970. Il s'agit des espèces suivantes: pin blanc (*Pinus strobus*), chêne rouge (*Quercus rubra*), pin maritime (*Pinus pinaster*), douglas (*Pseudotsuga menziesii*), robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), Ailante (*Ailanthus altissima*), cerisier noir (*Prunus serotina*), pin de Monterey (*Pinus radiata*), cyprès (*Cupressus sempervirens*) et pin noir (*Pinus nigra*). Nous considérons le pin noir comme un ANN dans la région du territoire d'action pilote bien qu'il soit originaire de l'espace alpin. D'autres espèces telles que le palmier de Chine (*Trachycarpus fortunei*) présent dans les jardins et parcs environnants sont abondamment renouvelées dans les peuplements des bas de pente du territoire. Les principaux problèmes posés par ces espèces sont dus au potentiel invasif de certains arbres non indigènes (pin noir, chêne rouge, ailante) dans les phytocénoses naturelles de la zone Natura 2000 et à la présence massive de chenilles de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) sur les sites fréquentés par les familles, les randonneurs, les joggeurs et les cyclistes. Les forêts denses de pins noirs augmentent également le risque d'incendie.

Le plan de gestion forestière est un outil opérationnel requis par la législation régionale (Autorité régionale du Piémont). Il constitue l'outil de planification et de gestion des interventions sylvicoles dans les propriétés forestières et les travaux connexes et fournit les éléments de connaissance nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion forestière durable.

Deux plans de gestion forestière envisagés pour les communes d'Almese et de Caselletta prévoient le remplacement progressif des ANN, en particulier celles à fort potentiel invasif, par des interventions sylvicoles favorisant les espèces indigènes. Toutefois, la présence d'ANN doit être préservée dans certains sites très fréquentés (par exemple, les aires de pique-nique) ainsi que dans la zone éducative du "Pian dei Listelli", où une visite guidée spéciale des bois présentant des espèces indigènes et exotiques a récemment été mise en place. Enfin, de nombreuses forêts de pins noirs et de pins sylvestres assurent d'importantes fonctions de protection et seront donc maintenues dans le temps si aucun processus

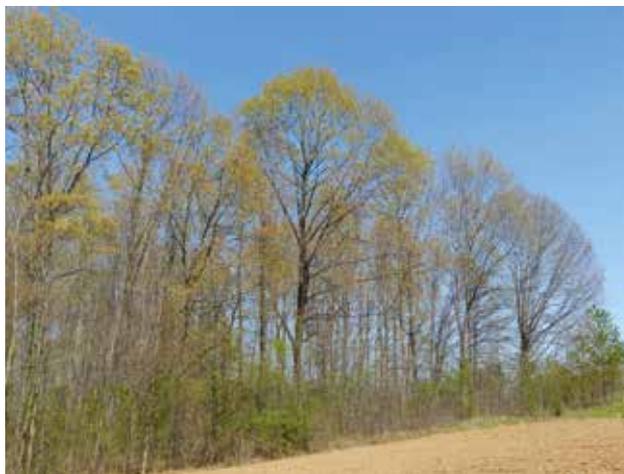


Figure 2: *Quercus rubra* dans la vallée de Susa, région du Piémont, Italie.

évolutif n'intervient pour garantir une couverture appropriée du sol. Les deux plans de gestion forestière ne s'appliquent qu'aux propriétés publiques (municipales et étatiques), et non aux forêts privées. Ces dernières sont caractérisées par des taillis de châtaigniers et des forêts secondaires appartenant à des petits propriétaires très fragmentés.

Le plan de gestion du site Natura 2000, ayant évalué les outils de planification existants comme insuffisants pour maintenir les habitats et les espèces dans un état de conservation satisfaisant, fixe des objectifs spécifiques dans le but de maintenir ou d'améliorer ces états de conservation.

Dans l'action pilote, nous avons impliqué les parties prenantes locales et régionales pour partager et évaluer les outils de planification existants en ce qui concerne l'accent mis sur la gestion des arbres non natifs (ANN) dans le but de soutenir les gestionnaires forestiers ainsi que les parties prenantes privées et publiques dans leurs processus de prise de décision et de gestion.

L'objectif de l'action pilote était de créer de nouvelles connaissances et de mettre en réseau les principales parties prenantes; en particulier, elle visait à faciliter l'intégration entre les données écologiques et naturalistes d'une part et les informations liées à la gestion forestière d'autre part,

reliant ainsi au mieux deux contextes qui ne sont actuellement pas toujours en phase l'un avec l'autre. En outre, étant donné l'absence de planification forestière dans le contexte de la propriété privée, des indications devaient être fournies en collaboration avec le point d'information forestier local (P.I.F.) aux propriétaires fonciers atteints lors de la phase de diffusion afin de mieux les impliquer dans la gestion des ressources forestières de la zone.

L'approche méthodologique prévoyait une recherche interdisciplinaire entre la sylviculture, l'écologie de la restauration et la mycologie appliquée. Des zones d'essai spécifiques (parcelles) ont été identifiées, et les aspects suivants ont été déterminés pour chacune d'entre elles:

- les aspects typologiques et structurels du peuplement forestier (à partir des données du plan de gestion forestière et de la typologie forestière régionale),
- la caractérisation mycologique (inventaire des champignons mycorhiziens et saprophytes),
- la classification de la végétation (enquête phytosociologique),
- la présence de régénération naturelle (d'espèces d'arbres indigènes et non indigènes).

Les actions suivantes ont été entreprises dans la zone pilote:

- Identification des contextes de régénération naturelle (à partir de graines et végétative) des ANN *Pinus strobus*, *Pinus nigra*, et *Quercus rubra* dans le site Natura 2000 "IT1110081 - Mont Musiné et Lacs Caselette". Pour ce faire, les bases de données régionales et la documentation de gestion relative à d'autres documents de planification tels que le plan de gestion forestière effective ont été interrogées et analysées. Un cadre de 14 parcelles avec des données de site, dendrologiques, mycologiques et structurelles a été préfiguré pour étudier la dynamique forestière dans cette zone. En plus des habitats forestiers, la propagation du ANN au sein des habitats terrestres d'intérêt pour la conservation présents dans le site Natura 2000 a été étudiée. Le *Pinus nigra* en particulier semble pouvoir assumer une certaine importance dans la succession vers les communautés forestières et pré-forestières. Une étude de terrain ainsi

qu'une formation technique spécifique pour les acteurs locaux ont été réalisées. De nombreuses parties prenantes, dont des gestionnaires forestiers, des agronomes, des architectes paysagistes, des forestiers, des propriétaires privés, etc. ont été impliquées dans ce processus.

- Recherche méthodologique préliminaire sur l'utilisation des champignons comme bio-indicateurs utiles dans l'étude des processus dynamiques liés au changement climatique ainsi que la compétition entre les arbres indigènes et non natifs (ANN) pour la production de champignons comestibles. À cette fin, une étude mycologique a été réalisée sur un territoire restreint peuplé à la fois d'ANN et d'arbres indigènes.
- Identification de débouchés pour certains assortiments de bois principalement liés au chêne rouge (*Quercus rubra*) en coopération avec les acteurs locaux, notamment les artisans du bois (tourneurs, sculpteurs, ébénistes).
- Une activité de communication et de science citoyenne a été menée auprès des étudiants de l'Institut technique agricole de l'État G. Dalmasso à Pianezza (TO): Les étudiants ont été impliqués dans des activités de science citoyenne soutenant la collecte de données sur les ANN, les sensibilisant à la question de la présence et de la gestion des espèces exotiques grâce à l'utilisation de l'application iNaturalist.

DIAGNOSTIC FORESTIER – UNE ETUDE DE CAS FRANCAIS POUR ALPTREES

*Frédéric BERGER, Dmitry SCHEPASCHENKO,
Andrey KRASOVSKIY, Florian KRAXNER*

Présentation de la zone d'étude de cas et du contexte

Six territoires (Communauté de Communes du Grésivaudan, Métropole Grenoble Alpes, Communauté du Pays Voironnais, Parc Naturel Régional de Chartreuse, Parc Naturel Régional du Vercors, Saint-Marcellin Vercors Isère Communauté) se sont engagés dans une démarche de travail inter-territoriale, regroupant quatre des huit stratégies forestières existantes dans le département français de l'Isère. Portée par la communauté de communes du Grésivaudan, la démarche met en réseau les représentants politiques de ces territoires ainsi qu'un large éventail d'acteurs des secteurs de la forêt et de la transition énergétique (COFOR AURA 2021).

Situé au cœur de la région alpine française, le Grésivaudan est un territoire entre plaine et montagne, qui s'étend de l'agglomération grenobloise à la limite du département de la Savoie. Dans un environnement dominé par les massifs de Belledonne et de Chartreuse, le territoire est composé de 43 communes de plus de 100 000 habitants, de 11 400 ha de terres agricoles (17% du territoire) et de 42 000 ha de forêts (53% du territoire). La surface forestière du Grésivaudan s'étend, tandis que les zones à vocation agricole diminuent pour laisser place à des terres abondantes, des logements ou des activités économiques. Territoire reconnu pour sa qualité de vie, il vise également à préserver ses richesses en matière de services, de paysages, de lien social, de dynamique économique et touristique tout en faisant face aux défis actuels générés, entre autres, par les impacts du changement climatique et la volonté d'optimiser les solutions fondées sur la nature (Le Grésivaudan, 2019).

Objectif et description du diagnostic forestier envisagé

La problématique partagée par les six territoires concerne le potentiel de leur filière forêt-bois à l’horizon 2030 dans le cadre de la transition énergétique du programme “ Horizon forestier 2030 “ des territoires à énergie positive. La mission des territoires à énergie positive est d’établir un nouveau paysage énergétique alliant les valeurs d’autonomie et de solidarité et appliquant le principe de subsidiarité active. Un territoire à énergie positive vise à réduire au maximum ses besoins énergétiques par la sobriété et l’efficacité énergétique tout en répondant à la demande résiduelle par des énergies renouvelables locales (“100% renouvelable et plus”). La réalisation de la transition énergétique représente la finalité première du territoire à énergie positive: Il répond aux enjeux fondamentaux du changement climatique et de l’épuisement des ressources fossiles ainsi qu’à la réduction des risques naturels et industriels majeurs à l’échelle du territoire. Le concept de territoire à énergie positive est innovant en ce qu’il représente un positionnement spécifique qui n’entre pas en concurrence avec les initiatives, outils, méthodologies, etc. existants, mais entend au contraire les valoriser.

L’objectif de cette stratégie territoriale n’est pas de redessiner le fonctionnement de la filière bois. Elle s’appuie sur les nombreuses préoccupations communes liées à la filière, comme la valorisation des ressources locales, la valorisation des compétences professionnelles du territoire, le regroupement des parcelles, etc. En revanche, la question de la valorisation des services non marchands rendus par la forêt (services climatiques, protection contre les risques naturels, fonctions récréatives, etc.) est nouvelle pour ces territoires. Une fois la phase de diagnostic et de consultation des acteurs achevée, des orientations stratégiques et une feuille de route pour le programme “ Horizon forestier 2030 “ pourront être élaborées et sa mise en œuvre initiée.

Description des méthodes

Le diagnostic forestier de la zone d'étude comprend les trois actions principales suivantes:

1. Évaluation et cartographie des services écosystémiques forestiers: protection, production, loisirs, climat, paysage.
2. Évaluation et cartographie des conséquences probables du changement climatique sur les écosystèmes forestiers: modification de la composition des espèces forestières et de leur répartition spatiale, résilience des écosystèmes, augmentation des risques biotiques et abiotiques.
3. Analyse du fonctionnement et du poids économique de la filière bois: modes de gestion, volumes de bois disponibles/accessibles/exploités/sciés, etc.

A partir de ce diagnostic, les thématiques et enjeux forestiers importants qui touchent le territoire seront identifiés, servant de base à l'élaboration d'une stratégie politique pour le territoire en développant un plan d'action autour de quatre axes:

1. Promouvoir la gestion multifonctionnelle des forêts.
2. Assurer la durabilité des ressources forestières et améliorer la mobilisation des ressources locales en bois.
3. Développer le potentiel de la filière bois locale pour accompagner la transition énergétique.
4. Valoriser et favoriser la transmission et les échanges sur la culture forestière.

Le principal enjeu actuellement identifié pour les forêts du territoire du Grésivaudan concerne leur évolution au regard du réchauffement climatique et de la menace que ce dernier fait peser sur la survie de certaines espèces ainsi que sur le développement du potentiel économique des forêts via la filière bois énergie. Au-delà de la dimension économique, l'agriculture et la forêt jouent un rôle majeur dans le maintien de la qualité de l'environnement et des paysages. Ces aspects doivent être reconnus comme un "bien commun" au bénéfice de tous.

Dans ce contexte, les travaux menés dans le cadre du projet ALPTREES ont permis de fournir des données factuelles initiales pour 3 bilans forestiers différents:

1. L'évolution projetée (adéquation) de trois espèces d'arbres pertinentes et leur distribution spatiale sous les contraintes du changement climatique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, scénarios RCP4.5 et 8.5) (Fig. 1-3).
2. Le service écosystémique forestier de protection contre les risques de chutes de pierres (description des modèles dans Toe et al., 2019).
3. La tendance évolutive de l'exposition au risque de feux de forêt (en utilisant la méthodologie développée par Dupire et al., 2017).

Veillez noter que l'accent de ce chapitre du manuel ALPTREES a été mis sur l'évaluation #1) - l'adéquation des espèces d'arbres au changement climatique.

Perspectives: Modélisation de l'adéquation des essences d'arbres pour le diagnostic forestier dans le cadre de «Forest Horizon 2030»

Une méthodologie de modélisation nouvelle et innovante combinant des informations crowdsourcées et des données issues de mesures au sol, développée dans le cadre du projet ALPTREES, est utilisée comme base pour cette analyse spatiale prospective visant à déterminer l'adéquation de certaines espèces d'arbres pour la zone d'étude dans des conditions de changement climatique. Une carte mondiale avec des occurrences d'espèces provenant de la plateforme de crowdsourcing et de science citoyenne ALPTREES au sein de l'application en ligne iNaturalist (disponible sur <https://www.inaturalist.org>. Consulté le 15 mai 2021) combinée avec les données des inventaires forestiers nationaux (IFN) pour l'Allemagne et la Slovénie a été utilisée. En outre, les projections futures sont basées sur les scénarios RCP du GIEC générés par le modèle HADGEM2-ES (Jacob et al., 2014). La modélisation a été réalisée pour l'ensemble de l'espace alpin, et une section de carte zoomée de la zone d'étude est présentée dans la Fig. 1-3. Afin d'identifier une gamme plus large d'espèces d'arbres

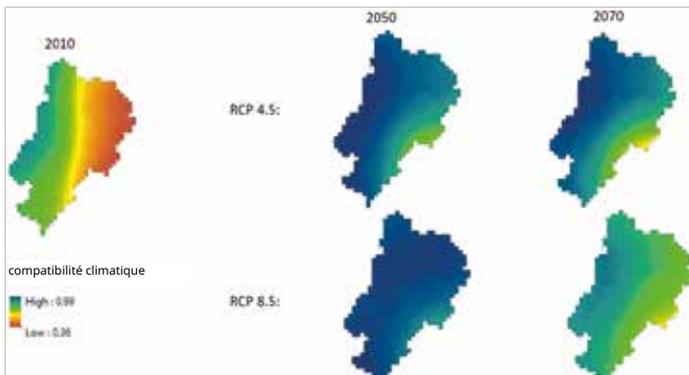


Figure 1: Cartographie de l'aptitude environnementale de l'épicéa commun sur le territoire du Grésivaudan, projections actuelles et futures selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 du GIEC aux horizons 2050 et 2070 (modélisation par IIASA 2021).

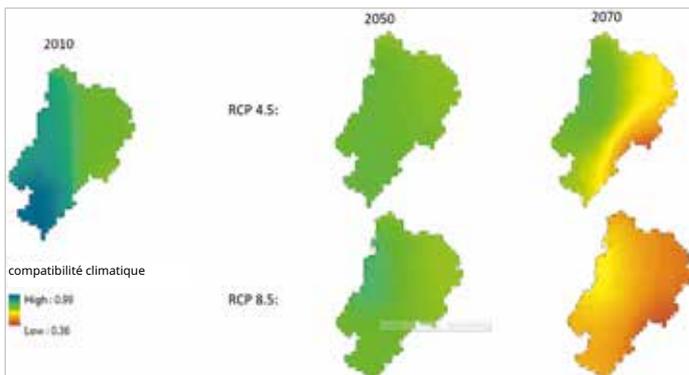


Figure 2: Cartographie de l'aptitude environnementale du sapin de Douglas sur le territoire du Grésivaudan, projections actuelles et futures selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 du GIEC aux horizons 2050 et 2070 (modélisation par IIASA 2021).

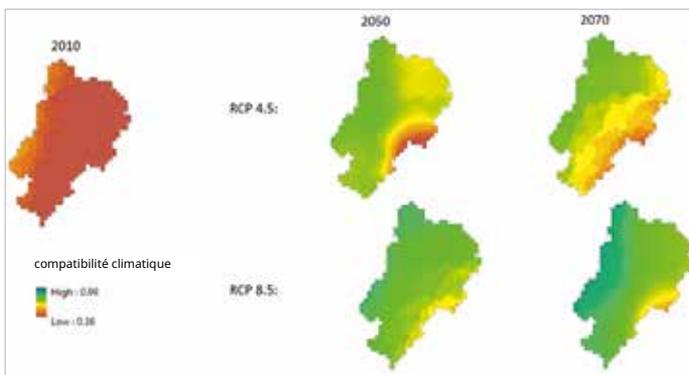


Figure 3: Cartographie de l'aptitude environnementale du Criquet noir sur le territoire du Grésivaudan, projections actuelles et futures selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 du GIEC aux horizons 2050 et 2070 (modélisation par IIASA 2021).

potentiellement adaptées à la zone du Grésivaudan, un mélange d'espèces forestières indigènes d'épicéa (*Picea abies*) et non indigènes de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et de robinier (*Robinia pseudoacacia*) a été évalué.

Les premiers résultats de la modélisation pour l'étude de cas du Grésivaudan indiquent que le climat actuel du territoire serait également approprié pour les exigences écologiques du douglas (Fig. 2) et, avec certaines limitations, de l'épicéa commun (Fig. 1). Si l'on considère les conditions climatiques attendues dans le cadre de divers scénarios du GIEC, les conditions environnementales resteraient adaptées à l'épicéa de Norvège (Fig. 1) et au robinier faux-acacia (Fig. 3), tout en présentant de nets désavantages pour le Douglas (Fig. 2).

Ces informations préliminaires sur l'adéquation environnementale des essences forestières indigènes et non indigènes permettront d'optimiser la prise de décision au niveau local. En effet, l'une des options initialement envisagées était de favoriser l'introduction du sapin de Douglas. Toutefois, d'après les résultats des simulations de l'adéquation des espèces effectuées par ALPTREES dans le cadre de divers scénarios de changement climatique, cette espèce ne semble pas être bien adaptée aux conditions climatiques futures probables du territoire. En revanche, des espèces comme le robinier faux-acacia semblent beaucoup mieux adaptées aux conditions locales dans le cadre du changement climatique, et il pourrait être intéressant de développer un secteur spécifique pour elles.

Bibliographie

COFOR AURA 2021. Communes forestières Auvergne Rhône Alpes.

<https://www.communesforestieres-aura.org/territoire.php?NoIDA=525&NoIDT=28>

Dupire S., Curt T., Bigot S. 2017. Spatio-temporal trends in fire weather in the French Alps. *Science of the Total Environment* 595, 801-817

Le Grésivaudan, 2019. Projet de territoire. 28p. https://www.le-gresivaudan.fr/cms_viewFile.php?idtf=7349&path=8d%2F7349_528_2637-GRE-SIVAUDAN-PROJET-TERR-HD-v2.pdf

- Toe D., Bourrier F., Berger F. 2019. PlatRock: a platform gathering 2D and 3D rockfall model. https://www.alpine-space.eu/projects/rockthealps/downloads/wp5/4_platrock_a-platform-gathering-2d-and-3d-rockfall-model_irstea.pdf
- Ruane, A.C., Goldberg, R., Chryssanthacopoulos, J. 2015: AgMIP climate forcing datasets for agricultural modeling: Merged products for gap-filling and historical climate series estimation, *Agr. Forest Meteorol.*, 200, 233-248, doi:10.1016/j.agrformet.2014.09.016.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., et al. 2014. EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Bishop, Christopher M., 2006. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York: Springer.

ARBRES NON INDIGENES SELECTIONNES DANS LA ZONE FORESTIERE DE L'ESPACE ALPIN

Fraxinus pennsylvanica MARSHALL



Green ash



pensilvanski jesen



Rotesche



Frêne rouge



Frassino della Pennsylvania



Caractéristiques principales:

- Possède une grande amplitude physiologique et une large gamme de distribution naturelle en Amérique du Nord.
- Atteint son plus fort potentiel de régénération et sa croissance optimale sont observés dans les forêts riveraines.
- Les experts déconseillent de le planter en Europe en raison de son caractère envahissant et de la menace de parasites.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Sans aucune mesure pour aider sa croissance, *F. pennsylvanica*, ne peut pas concurrencer les arbres ayant des périodes de croissance plus longues. Il a été planté avec succès sur des sites lourds et humides où aucune espèce indigène ne peut supporter sans dommage des inondations de longue durée. Il peut être utilisé comme pionnier à des fins de restauration.

Ravageurs et maladies

L'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*), qui est originaire d'Asie, affecte toutes les espèces de *Fraxinus*, et le frêne vert y est particulièrement sensible. Aucun rapport ne fait état de l'activité de l'agrile du frêne en Europe à ce jour. Le dépérissement du frêne causé par *Hymenoscyphus fraxineus* pourrait constituer une menace à l'avenir. L'espèce est également sujette à des dommages abiotiques comme les gelées tardives et la rupture des tiges due à la neige et à la glace.

Caractère invasif et risques

Le frêne rouge a un fort potentiel de régénération et la capacité de se reproduire de manière végétative. Il se propage activement dans les écosystèmes forestiers riverains, s'installant sur des sites où les espèces d'arbres indigènes ne peuvent pas faire face à des inondations de longue durée. L'hydrochorie offre la possibilité de propager les samares sur plusieurs kilomètres.

Qualités du bois

Le bois de frêne rouge est connu pour sa stabilité, sa dureté, sa grande résistance aux chocs et ses extraordinaires caractéristiques de flexion. Ce sont d'excellentes propriétés pour des produits tels que les manches d'outils et les équipements sportifs (battes de baseball). Cependant, les peuplements de frênes verts ne sont généralement pas considérés comme étant capables de produire de gros volumes de bois de valeur. Le bois de cœur est classé comme périssable et possède une faible résistance à la pourriture. Le bois est facilement transformable avec des outils manuels et mécaniques et réagit bien au cintrage à la vapeur.

Gestion et prévention si invasif

Les frênes rouges ne doivent pas être plantés en dehors des zones urbaines. Lorsque l'éradication est envisagée, les contre-mesures mécaniques ou mécano-chimiques doivent être planifiées et exécutées sur une longue période pour être efficaces. L'élimination complète du frêne rouges des sites, où sa croissance est optimale, doit être considérée comme irréaliste. Les mesures efficaces comprennent l'annélation mécanique (vieux arbres), l'abattage des arbres isolés, la lutte contre les banques de graines, les méthodes biologiques (favoriser la croissance d'autres espèces d'arbres, éliminer les spécimens proches de l'eau) et le maintien à distance avec les zones protégées.

Avis d'expert

Le potentiel invasif est très élevé le long des cours d'eau et dans la végétation riveraine, en particulier dans les forêts alluviales dominées par les feuillus.

Juglans nigra L.



Black walnut



črni oreh



Schwarznuß



noyer noir



noce nero americano



Caractéristiques principales:

- Originaire de l'est et du centre-ouest des États-Unis, où il s'agit d'une espèce importante sur le plan économique et écologique.
- Importé en Europe à des fins ornementales, mais aujourd'hui également cultivé pour la production de bois.
- Peut tolérer une sécheresse modérée et des températures allant jusqu'à -30 °C.
- Pousse plus rapidement que *Juglans regia* et est très résistant aux maladies et aux parasites.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Il n'existe actuellement aucun résumé exhaustif de la sylviculture, de la productivité et de la gestion du noyer noir en Europe pour informer de son rôle futur dans différents pays. L'objectif exclusif de sa culture est la production de bois de qualité supérieure pour des utilisations haut de gamme. La régénération de *Juglans nigra* se fait par plantation ou par semis direct sur des terrains nus, en monocultures ou en peuplements mixtes. La gestion des peuplements de noyer noir, avec une période de rotation pouvant aller jusqu'à 80 ans et ayant pour but de produire du bois de valeur, comprend le désherbage (obligatoire), le nettoyage et la mise à distance (dans les peuplements denses), l'éclaircissage (principalement par le haut) et la taille haute et formative (obligatoire).

Ravageurs et maladies

En Europe, on considère que le noyer noir souffre très peu des attaques d'insectes par rapport aux États-Unis. Cependant, la maladie des mille chancres menace l'espèce aussi bien en Amérique qu'en Europe. Dans la zone d'origine du noyer noir, elle est susceptible de provoquer le déclin et la mortalité des arbres. Elle a été découverte en Italie en 2013 et se propage vers la Slovénie. Le noyer commun (*Juglans regia*) a une sensibilité modérée à cette maladie. *Inonotus hispidus* peut provoquer une pourriture blanche du bois, et les guis blanc et jaune peuvent infester les houppiers de *Juglans nigra*. Le noyer noir est également sensible à la pourriture du collet des racines causées par le champignon *Phytophthora cactorum*.

Caractère invasif et risques

Il n'y a pas de données disponibles sur le caractère invasif.

Qualités du bois

Le noyer noir est surtout apprécié pour son bois, qui est dense, solide et durable. Son grain est normalement droit et il est facile à travailler avec des outils manuels et mécaniques. En terme de finition, le bois présente une surface lisse et élégante et un motif de grain attrayant. Néanmoins, le bois du noyer noir est un peu moins apprécié que celui du noyer commun, c'est pourquoi il est principalement utilisé pour le placage et d'autres produits de menuiserie en Europe.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Le noyer noir est une espèce économiquement très intéressante; il convient toutefois de le planter un peu à l'abri du vent, car il supporte mal les tempêtes et les faibles températures. Comme il n'est pas très sensible à l'abroustissement et en raison des faibles nombres de plants recommandés, on peut se passer de protections (clôtures, ...).

Larix kaempferi (LAMB.) CARR.



Japanese larch



japonski macesen



Japanische Lärche



mélèze du Japon



larice giappone



Caractéristiques principales:

- Originaire d'une petite région montagneuse dans la partie centrale de l'île de Honshu, au Japon.
- Introduit en Europe en 1834.
- Possède un bois de bonne qualité.
- Espèce à croissance rapide, résistante au vent et à l'air pollué.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

La variation entre les spécimens de mélèze japonais n'est pas liée à la géographie comme c'est le cas pour le mélèze européen. La croissance d'une provenance dans une certaine région ne sera pas nécessairement le même dans des conditions différentes. La variation chez le mélèze du Japon est aléatoire, et chaque provenance est une histoire à part entière. La production de graines pour les mélèzes européens, japonais et hybrides améliorés est souvent limitée par une floraison irrégulière, des dommages causés par le gel et un faible nombre de graines par cône. Plusieurs expériences ont montré qu'il était possible de stimuler la floraison des mélèzes (précoce) par des traitements de fertilisation, de taille des racines, d'annélation, de strangulation, de paillage et d'application de gibbérellines.

Les taux de croissance du mélèze du Japon semblent être particulièrement sensibles aux variations de densité des peuplements. Pauwels et al. (2007) recommandent des densités de peuplement plus faibles pour le mélèze que pour l'épicéa commun et le douglas.

Ravageurs et maladies

Par rapport au mélèze européen, il est plus résistant au chancre du mélèze et à la teigne du mélèze. Le pathogène *Phytophthora ramorum* a été responsable de la mort d'arbres dans une plantation de *Larix kaempferi* en Grande-Bretagne.

La fonte des aiguilles provoque des pertes de croissance considérables au Japon. *Lasioma melania*, la mouche du cône du mélèze, est l'un des ravageurs les plus dangereux des mélèzes en Eurasie et est aujourd'hui bien établi en Europe occidentale. *Armillaria ostoyae* est une maladie des racines présente en Corée du Sud.

Caractère invasif et risques

Aucune donnée sur le caractère invasif et les risques n'a été trouvée.

Qualités du bois

Larix kaempferi a un bois de bonne qualité, c'est pourquoi l'espèce est plantée dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe. Le bois a été largement utilisé pour la fabrication de pâte à papier, notamment en Europe du Nord et en Russie. Il est également utilisé à diverses autres fins telles que la charpenterie, les ouvrages d'art, les clôtures, les planchers et la construction lourde et légère.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Le mélèze du Japon est largement utilisé pour la sylviculture et continuera à être une espèce clé, à moins qu'il ne soit affecté par un nouveau ravageur ou une nouvelle maladie ou qu'il ne subisse les effets négatifs du changement climatique.

Liriodendron tulipifera L.



Tuliptree



navadni tulipanovec



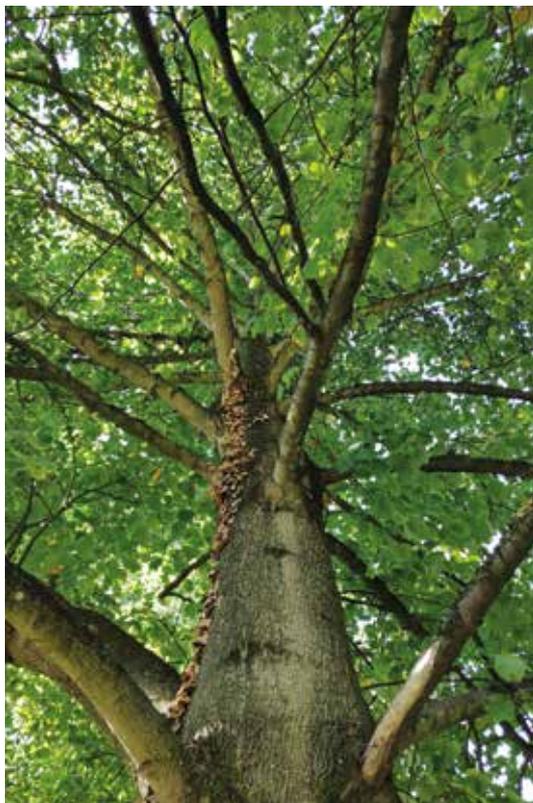
Tulpenbaum



Tulipier de Virginie



L'albero dei tulipani



Caractéristiques principales:

- Originaire d'Amérique du Nord.
- Il peut atteindre une hauteur de 40 à 60 mètres.
- Les individus peuvent vivre jusqu'à 300 ans.
- Cultivé en Europe depuis 1663.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Les expérimentations ont montré que le *Liriodendron tulipifera* s'intègre parfaitement dans les communautés forestières européennes, les mélanges avec des espèces de conifères et de feuillus étant possibles. Il est préférable de l'utiliser en mélange avec d'autres feuillus exigeants en lumière. Sa croissance rapide pendant sa jeunesse et sa grande résistance au gel ainsi que sa santé générale et sa résistance aux parasites et aux champignons militent en faveur de la culture de cette espèce. Le tulipier peut pousser sous couvert jusqu'à 3 ans, après quoi les arbres commencent à avoir besoin de plus d'espace. Une bonne protection contre l'abroussement est nécessaire, car les feuilles sont très appétentes pour le gibier. Le *Liriodendron tulipifera* représente une alternative appropriée sur les sites à forte teneur en cendre et peut jouer un rôle important dans l'adaptation des forêts au changement climatique.

Ravageurs et maladies

Jusqu'à présent, aucun ravageur ou maladie spécifique n'est connu. Comme le genre *Liriodendron* ne comprend que deux espèces, l'introduction de ravageurs spécifiques au genre est peu probable. Les problèmes peuvent occasionnellement provenir d'une infestation par des champignons des genres *Botryosphaeria*, *Armillaria* et *Verticillium*, du flétrissement, du mildiou et du chancre, ainsi que de divers ravageurs tels que les pucerons et les cochenilles. En outre, les souris et les lapins peuvent causer des dommages à l'écorce, aux bourgeons et aux semis du tulipier. Les jeunes pousses sont souvent broutées par le gibier, et des influences abiotiques telles que les gelées tardives, la pression de la neige, les bris de neige, et le compactage du sol affectent également l'espèce.

Caractère invasif et risques

L'espèce n'a pas encore été classée comme envahissante et son potentiel d'envahissement est considéré comme faible. Les expériences précédentes indiquent que l'intégration dans les communautés forestières naturelles et indigènes est possible sans problème. Cependant, des observations plus approfondies sont nécessaires.

Qualité du bois

Le bois de tulipier est clair, uni, et présente une surface brillante et un grain homogène. Il possède un aubier large, de couleur crème à jaunâtre clair ou gris-blanc (4-15 cm) et un bois de cœur jaunâtre à vert olive. Les pores sont dispersés. Le bois est tendre et facile à travailler et est utilisé pour la fabrication de meubles, les revêtements de murs et de plafonds, les instruments de musique, le tournage, le modélisme, la sculpture et l'industrie du papier.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Le *Liriodendron tulipifera* a un grand potentiel d'utilisation forestière en Europe centrale. Il présente un très bon comportement de croissance et est non invasif. Il existe quelques parcelles expérimentales en Allemagne (Esslingen, Freiburg), en Autriche (Graz) et en Belgique, et l'espèce est maintenant reproduite en Europe. Elle tolère les périodes sèches mais est très sensible aux gelées tardives. Les jeunes plants doivent être protégés des gelées tardives et de l'abroussement du gibier. La reproduction naturelle est problématique, car 70% des graines sont infertiles. Le tulipier prospère mieux dans des peuplements lâches, avec suffisamment de lumière et un apport moyen en nutriments. L'espèce doit être introduite de manière sporadique, car la plantation en nid d'abeille peut entraîner une infestation de parasites. Aucune maladie spécifique n'est connue, mais des chenilles peuvent occasionnellement l'infester. Le bois est facilement façonnable et convient à l'industrie du meuble ainsi qu'à la finition intérieure et à l'isolation, car il a de très gros pores. Son adaptation aux zones urbaines est limitée, car il forme un système racinaire étendu et ne tolère pas les sols comprimés. Il peut cependant être planté dans les grands parcs et jardins

Pseudotsuga menziesii (MIRB.) FRANCO



Douglas fir



navadna ameriška duglazija



Douglasie



Douglas bleu



Abete di Douglas



Caractéristiques principales:

- L'espèce d'arbre non indigène la plus importante sur le plan économique dans les forêts européennes.
- Elle est appréciée pour son potentiel de croissance élevé et les propriétés de son bois.
- Elle est de plus en plus considérée comme une espèce alternative appropriée pour maintenir un haut niveau de productivité dans les forêts au regard des futurs impacts des changements climatiques.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le sapin de Douglas est largement répandu dans les forêts européennes et considéré comme l'un des conifères les plus productifs. Sur la base des expériences des essais de provenances et de sylviculture, cette espèce est considérée comme intéressante au regard des conditions climatiques futures. Néanmoins, il faut éviter les plantations pures sur de grandes surfaces et il est recommandé de sélectionner des provenances adaptées aux conditions locales. Pour optimiser le volume de production et la qualité du bois, il est conseillé de ne pas planter plus de 1 000 à 2 000 plants par hectare et d'éliminer régulièrement les principaux concurrents. L'élagage est recommandé pour améliorer la qualité du bois. La régénération artificielle est à privilégier, mais la régénération naturelle est en augmentation, notamment dans le cadre de la sylviculture proche de la nature. Les peuplements de douglas ayant une longue durée de production, ils sont sensibles aux dommages causés par les tempêtes, car les diamètres objectifs sont associés aux peuplements de grande taille. La culture de douglas est de plus en plus conseillée en tant qu'adjuvant aux espèces d'arbres indigènes afin d'augmenter la biodiversité et ainsi améliorer la résistance et la résilience des peuplements forestiers faces aux changements environnementaux globaux.

Ravageurs et maladies

Les aiguilles du sapin de Douglas sont affectées par deux champignons, *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petr. et *Rhoadocline pseudotsugae* H. Sydow. Tous deux provoquent la chute des aiguilles et une réduction significative de la croissance des arbres. L'infection par *P. gaeumannii* entraîne un jaunissement du feuillage et une diminution de la croissance. Actuellement, le chalcidien des graines de Douglas (*Megastigmus spermotrophus* Wachtl), qui est vraisemblablement co-introduit avec les graines, est considéré comme le principal insecte ravageur des plantations de Douglas. Les attaques de *Diplodia sapinea* ont jusqu'à présent été limitées par l'absence d'un vecteur capable de transmettre le champignon des pins aux sapins de Douglas. Cela pourrait changer avec l'introduction de la punaise des semences *Leptoglossus occidentalis*, qui s'est avérée être un vecteur fiable pour *D. sapinea*. La pourriture des racines causée par *Heterobasidion* spp. Est également présente. La sensibilité des arbres varie selon le type de forêt, les dégâts étant principalement associés à *H. annosum* s.s.

Caractère invasif et risques

Le sapin de Douglas a fréquemment été signalé comme (potentiellement) envahissant dans plusieurs pays d'Europe centrale. Le risque est plus élevé dans les habitats ouverts sur des sols secs et acides, comme dans les communautés forestières de chênes, car le douglas est moins affecté par d'autres espèces d'arbres compétitives. En particulier dans ces types de forêts, il peut avoir des effets néfastes lorsqu'il supplante les espèces indigènes ou altère le fonctionnement de l'écosystème. Jusqu'à présent, l'ampleur des risques actuels ou futurs que *Pseudotsuga menziesii* fait peser sur la biodiversité indigène en Europe est très incertaine. Diverses études ont analysé son interaction avec le biote indigène, mais les résultats ne sont pas cohérents et sont parfois contradictoires. Il semble y avoir un changement dans la composition des espèces et la dominance des espèces en faveur de celles généralistes plutôt que celles spécialistes dans les peuplements de sapins de Douglas. Les effets indirects sur la chimie du sol semblent être similaires à ceux des espèces de conifères indigènes.

Qualité du bois

Le sapin de Douglas est apprécié pour son potentiel de croissance élevé et les propriétés techniques de son bois. Il est généralement cultivé pour produire du bois de sciage, l'utilisation de la fibre de bois étant moins courante. Dans plusieurs régions de l'espace alpin, il représente un potentiel économique important en raison de la solidité de son bois, qui est dur et résistant à l'abrasion. Il sèche rapidement avec peu de déformations et est relativement facile à travailler. Le bois de douglas sert principalement dans le secteur du bâtiment, mais il est également utilisé pour une grande variété d'autres produits (par exemple: parquets, mobilier).

Gestion et prévention si invasif

La délimitation de zones tampons autour des habitats sensibles a été suggérée pour prévenir tout effet néfaste. Des zones tampons d'au moins 300 m sont obligatoires, mais 1 à 2 km seraient préférables. Ces zones doivent empêcher la propagation dans les zones sensibles. Si nécessaire, la gestion forestière peut diminuer le potentiel d'établissement et de propagation en plantant des espèces d'arbres indigènes compétitives et en éliminant les arbres isolés avant qu'ils ne produisent des graines. Toute présence indésirable peut être éliminée mécaniquement avec peu d'effort, car le sapin de Douglas ne se régénère pas par rejet ou drageonnage. Une surveillance régulière est recommandée.

Avis d'expert

Plusieurs experts ont souligné que le sapin de Douglas se propage des peuplements forestiers gérés aux forêts de chênes semi-naturelles voisines, voire aux réserves forestières. Selon les experts, il existe un risque que cette espèce modifie les conditions de lumière et de sol, changeant ainsi la composition des espèces. L'établissement naturel dans des endroits inaccessibles, comme sur des pentes raides, a déjà été signalé. Dans la mesure du possible, cette propagation par régénération naturelle devrait être éliminée mécaniquement. Dans les scénarios de changement climatique prévus, le risque de propagation et d'établissement pourrait diminuer à l'avenir.

Tsuga canadensis (L.) CARRIÈRE



Canadian hemlock



kanadska čuga



Kanadische Hemlocktanne



Tsuga du Canada



Tsuga canadese



Caractéristiques principales:

- Espèce d'arbre très importante dans les écosystèmes riverains de son aire de répartition d'origine (du Québec à l'Alabama).
- L'espèce est réputée pour avoir les aiguilles et les cônes les plus petits du genre.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Dans son aire de répartition d'origine, la pruche du Canada forme rarement des peuplements purs, poussant habituellement dans le sous-étage de forêts mixtes. Ses caractéristiques écologiques comprennent un degré élevé de tolérance à l'ombre, qui est lié à l'architecture de son houppier, aux propriétés de saturation de la lumière et aux taux de développement des racines et des pousses à de faibles niveaux de lumière. *Tsuga canadensis* est l'un des arbres les plus sensibles à la sécheresse dans l'est de l'Amérique du Nord, peut-être en raison de son système racinaire peu profond. Un grand nombre d'individus sont régulièrement détruits par de graves sécheresses.

Ravageurs et maladies

La survie des pruches canadiennes à l'état sauvage dans l'est des États-Unis est conditionnée par le minuscule puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsuga*) qui suce la sève. Les arbres infectés deviennent fréquemment vert grisâtre au lieu du vert foncé habituel. Dans la partie nord de l'aire d'origine de l'espèce, la mort survient généralement 4 à 10 ans après l'infestation. Les arbres qui survivent aux effets directs de l'attaque de l'insecte sont généralement affaiblis et peuvent mourir de causes secondaires. La lutte contre *Adelges tsuga* est extrêmement difficile. La mortalité de la pruche a été reliée à une perte d'esthétique du paysage, au déclin des habitats de la truite et à une augmentation de l'insécurité dans les forêts publiques.

Caractère invasif et risques

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Qualité du bois

Semblable au bois de sapin, léger et souple, avec une durabilité limitée. Les utilisations courantes sont les palettes, les caisses/boîtes, le contreplaqué, la charpente et d'autres usages de construction.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Les tempêtes et les incendies causent des dommages en raison du système racinaire peu profond de la pruche canadienne et de ses branches basses. L'espèce a peu d'importance économique, son bois étant surtout utilisé comme bois de construction, pour la finition intérieure et pour la production de pâte et de papier.

Thuja occidentalis L.



Northern white cedar



ameriški klek



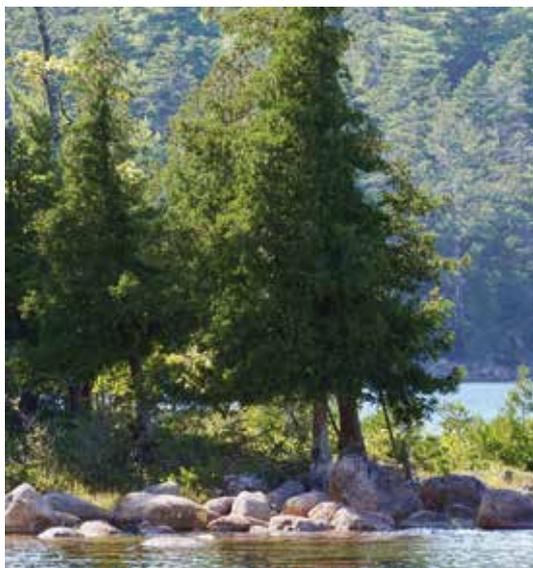
Abendländischer Lebensbaum



Thuya occidental



Tuia occidentale



Caractéristiques principales:

- Se trouve dans tous les pays avec les caractéristiques de la région alpine.
- La régénération dans son aire d'origine est sensible à la concurrence et à l'abrutissement du gibier.
- Très sensible au stress hydrique/sécheresse.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le cèdre blanc du Nord est une espèce à feuilles persistantes de forme conique qui a besoin de beaucoup d'humidité et d'espace pour pousser. Il n'est pas exploité commercialement dans les forêts de la région alpine. Cependant, on sait, d'après son aire de répartition d'origine, que les traitements sylvicoles avec des coupes périodiques d'intensité faible à moyenne, et la présence de débris ligneux grossiers sont généralement adaptés au maintien de *Thuja occidentalis* dans les forêts. La régénération est sensible à la concurrence et à l'abroustissement par le gibier, et son succès dépend du pH du sol ainsi que de la densité du peuplement. En raison de son système racinaire peu profond, il est également très sensible au chablis.

Ravageurs et maladies

Dans son aire d'origine, le cèdre blanc du Nord est généralement résistant à la pourriture et aux insectes. Toutefois, certains champignons et insectes peuvent causer des dommages. *Kabatina thujae* est un champignon qui provoque la mort des branches et des rameaux, et *Armillaria mellea* peut également affecter l'espèce. Le bupreste du thuya (*Lamprodila festiva*) a été observé sur le *Thuja occidentalis* en Roumanie. Cet insecte est considéré comme un nouvel organisme nuisible envahissant dans certains pays européens et pourrait infester de plus en plus la région alpine à l'avenir.

Caractère invasif et risques

Selon EASIN (European Alien Species Information Network), *Thuja occidentalis* a un impact inconnu/faible. Il n'y a pas de rapports sur son potentiel invasif.

Qualité du bois

Le bois du cèdre blanc du Nord est utilisé pour des produits qui sont en contact avec l'eau ou le sol, comme les clôtures, les poteaux et les saunas. On l'utilise également pour fabriquer des rondins de cabane, des bateaux (canoës), des aménagements extérieurs, des panneaux muraux, des instruments de musique et des crayons.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Comme le cèdre blanc du Nord ne tolère pas bien la sécheresse, il peut pousser avec succès sur des sols profonds, squelettiques et frais. Comme le sapin de Douglas, il est sensible au gel, surtout lorsqu'il est jeune.

Robinia pseudoacacia L.



Black locust



navadna robinija



Gewöhnliche Robinie



Robinier



Robinia



Caractéristiques principales:

- L'espèce d'arbre non indigène la plus fréquente et la plus abondante en Europe.
- Une espèce controversée avec des impacts économiques positifs et des impacts environnementaux négatifs.
- Appréciée pour son bois résistant, son aptitude au boisement, au contrôle de l'érosion et à la production de miel.
- Pose de sérieuses menaces à la conservation de la nature sous la forme de peuplements mono dominants et d'une homogénéisation biotique à grande échelle.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le robinier est principalement utilisé en plantations pures ou en peuplements mixtes. Son utilisation pour la production de biomasse dans les plantations à courte rotation est devenue une tendance mondiale au cours des dernières décennies grâce à ses rendements élevés (taux de croissance rapide, densité de tige élevée) et à sa capacité de fixation de l'azote. Les peuplements plantés ou non sont souvent régénérés avec des rotations courtes (taillis). La culture d'arbres à partir de semis est relativement simple et rentable, mais la germination doit être facilitée par une scarification mécanique. Les jeunes arbres doivent être protégés de la concurrence herbacée et de la pression du gibier. Une fois établi, le robinier faux-acacia ne nécessite pas de gestion active, sauf si l'on souhaite obtenir des troncs droits pour du bois industriel de haute qualité.

Ravageurs et maladies

Les problèmes phytosanitaires liés au robinier sont encore largement méconnus dans l'espace alpin. Si les méga herbivores ont une importance mineure en Europe, l'espèce est également l'hôte d'une large gamme de champignons. En ce qui concerne les insectes nuisibles, la cécidomyie nord-américaine du robinier (*Obolodiplosis robiniae*/galle du robinier), spécifique au robinier, se répand rapidement en Europe. Les attaques d'insectes semblent se limiter aux parcs ou aux arbres d'ornement et n'ont pas été détectées dans les peuplements forestiers.

Caractère invasif et risques

Sans doute l'espèce d'arbre exotique envahissante la plus problématique en Europe. Son potentiel invasif est lié à sa longue présence (introduit dès le début du 17^{ème} siècle) et à sa plantation répandue en raison de ses nombreuses caractéristiques bénéfiques. Sa capacité de reproduction végétative rapide par drageons, son aptitude à fixer l'azote atmosphérique et l'absence d'ennemis naturels sérieux font du robinier une espèce pionnière compétitive capable de modifier profondément les communautés écologiques. Elle profite des perturbations forestières qui se traduisent par plus de lumière et un sol nu. Les fronts d'invasions sont particulièrement fréquents sur les sites post-incendie ou les plantations forestières dégradées. Il agit aussi souvent comme un « ingénieur de l'écosystème », en provoquant des changements dans les conditions du sol et le régime de lumière qui, à leur tour, peuvent modifier la composition des espèces de divers taxons. Par exemple, la litière produite par *Robinia pseudoacacia* est riche en azote et favorise l'établissement et la prévalence potentielle d'espèces végétales *nitrophiles*. Sa croissance rapide et sa propagation incontrôlée des cultures vers des réserves naturelles riches en espèces et des habitats menacés constituent une préoccupation de premier ordre en matière de conservation de la biodiversité.

Qualité du bois

Le robinier produit un bois robuste, résistant à l'eau et à la pourriture. En termes de qualité et de durabilité, son bois est même meilleur que celui des espèces indigènes de chêne (*Quercus robur*) ou de châtaignier (*Castanea sativa*). Historiquement, il a servi de source de bois d'œuvre pour les piquets de vigne, poteaux de clôture, tonneaux, bateaux, la construction navale et les bardeaux de toit. De nos jours, son bois est largement utilisé pour la fabrication de meubles, de parquets et d'équipements de jardin et d'aires de jeux. C'est également un bois de chauffage intéressant.

Gestion et prévention si invasif

Le fauchage annuel limite la propagation des jeunes plants dont le système racinaire n'est pas développé. La coupe, l'écorçage ou le brûlage des arbres adultes sans mesures d'accompagnement sont à éviter, car ces procédés mécaniques entraînent un fort drageonnement. Ils sont donc souvent combinés à un traitement chimique. En tant qu'espèce de début de succession, le Robinier faux-acacia peut être contrôlé par des mesures forestières favorisant un couvert continu. En effet, il est intolérant à l'ombre. Dans tous les cas, il est nécessaire de surveiller régulièrement les parcelles traitées pendant plusieurs années. Une fois qu'il est installé, son élimination est très difficile, coûteuse et longue en raison de la grande vitalité du robinier, de son exceptionnelle capacité de germination, de sa croissance rapide, de sa production abondante de graines et de sa fixation d'azote, qui entraînent des changements irréversibles dans les écosystèmes. Dans l'ensemble, comme il n'existe actuellement aucune méthode efficace et généralement applicable pour éradiquer cette espèce, des plans d'action pour une gestion intégrée combinant la tolérance dans des zones spécifiques et l'éradication stricte dans les sites à protéger sont nécessaires. Une telle combinaison d'approches constitue la meilleure option pour parvenir à une coexistence durable du robinier avec l'homme et la nature.

Avis d'expert

Le robinier faux-acacia est déjà largement utilisé dans les parcs et les zones urbaines. Il est également très intéressant pour la stabilisation et la restauration de terrains nus, où son caractère invasif est tempéré par sa courte durée de vie. L'espèce est potentiellement invasive dans les zones perturbées, et son caractère multifonctionnel fait qu'elle est déjà présente sur de nombreux sites. Elle ne devrait pas être complètement rejetée mais plutôt contrôlée de manière appropriée pour la production de bois dans des zones spécifiques, car elle n'est pas invasive dans les forêts à couvert continu.

Quercus rubra L.



Northern red oak



rdeči hrast



Rot-Eiche



Chêne rouge d'Amérique



Quercia rossa



Caractéristiques principales:

- Introduit pour la première fois en Europe au XVIIe siècle.
- Apprécié dans la gestion forestière pour son taux de croissance élevé et sa résistance à la sécheresse.
- Il est prouvé qu'il a des effets négatifs considérables sur la biodiversité indigène.



Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

En forêt, le chêne rouge d'Amérique est cultivé dans des peuplements mixtes (par exemple avec le hêtre européen) pour la production de bois. Il est souvent planté sur des sites qui conviennent également aux espèces de chênes indigènes et à d'autres arbres nobles à feuilles caduques en raison de leurs exigences écologiques similaires. Il se comporte bien dans une gamme relativement large de conditions de site, sauf sur les sols calcaires à pH élevé. Les semis sont modérément tolérants à l'ombre et capables de concurrencer les espèces indigènes. Sa régénération est limitée en raison de la faible luminosité du sous-étage des peuplements denses, de la prédation des graines par les animaux et de l'abroustissement par les cervidés.

Ravageurs et maladies

En Europe, le chêne rouge d'Amérique semble moins sujet aux herbivores et aux champignons que dans son aire d'origine, où il est brouté par les ongulés, défoliés par les insectes et infecté par le *Phytophthora* et le flétrissement du chêne. En général, l'espèce est moins sensible aux agents pathogènes et à la prédation des graines que les espèces d'arbres indigènes. Sur les sites humides, la pourriture des racines (infestation par *Armillaria*) est fréquemment observée. Le broutage par les cervidés est considéré comme l'un des facteurs limitants les plus importants pour la régénération naturelle du chêne rouge.

Caractère invasif et risques

Le chêne rouge d'Amérique est une menace pour les espèces indigènes dans son aire de répartition introduite, car il peut modifier les conditions environnementales sous sa canopée, notamment en diminuant la disponibilité de la lumière et en créant d'épaisses couches de litière résistantes à la décomposition. De telles conditions peuvent également contribuer à l'homogénéisation biotique de la végétation de sous-bois. Dans les monocultures, la végétation de sous-bois tend à être plutôt pauvre en espèces. Le chêne rouge du Nord s'est répandu dans des zones forestières à haute valeur de conservation, où il peut présenter des risques pour la biodiversité et où sa régénération naturelle n'est donc pas souhaitée. De nombreux types d'habitats Natura 2000 dans la région biogéographique alpine sont sous la pression d'invasions biologiques. La propagation de *Quercus rubra* pourrait être facilitée par des conditions plus sèches causées par le changement climatique. Les évaluations actuelles de sa capacité concurrentielle et de son influence sur la biodiversité sont très divergentes, de sorte que des études supplémentaires sont nécessaires.

Qualité du bois

Le chêne rouge d'Amérique est une espèce d'arbre importante sur le plan commercial, car il constitue une source importante de bois de feuillus. Le bois a des pores très larges et est résistant à la pourriture. Il convient à la menuiserie et au placage et est facile à travailler (facile à fendre mais difficile à raboter). Une imprégnation est nécessaire pour les utilisations extérieures.

Gestion et prévention si invasif

Pour empêcher la propagation de cette espèce, il est recommandé d'établir des zones tampons de 2 km autour des sites forestiers les plus sensibles (par exemple, les sites ouverts, secs et acides). En outre, le recépage des taillis au printemps ou en été et le travail du sol peuvent limiter sa propagation. L'élimination mécanique de la régénération âgée de 1 à 2 ans est possible. L'élimination des arbres plus âgés inhibe la production de graines, mais les sites doivent être visités régulièrement. L'annélation est bon marché et réalisable pour les arbres plus âgés. Le traitement chimique est rentable mais souvent non viable pour des raisons environnementales. La plantation d'espèces indigènes (par exemple, le hêtre européen) au lieu d'ANN doit être envisagée dans tous les cas.

Avis d'expert

Bien que le chêne rouge d'Amérique soit considéré comme l'une des espèces d'arbres "alternatives" prometteuses actuellement en discussion pour remplacer la perte de certaines espèces indigènes, il faut tenir compte de son potentiel invasif. Il est beaucoup plus tolérant à la chaleur estivale que la plupart des espèces d'arbres indigènes. Il est également très résistant à la sécheresse et présente souvent un comportement de pionnier dans les sites les plus extrêmes. Dans les communautés forestières indigènes de chênes et de chênes rouvres, *Quercus rubra* a tendance à remplacer la régénération naturelle des espèces d'arbres indigènes. Il ne devrait donc être introduit que dans des peuplements mixtes, et les gestionnaires et propriétaires forestiers devraient éviter les monocultures. Dans les forêts dominées par le hêtre, il est actuellement toujours inférieur au hêtre en ce qui concerne la régénération à petite échelle et à long terme. Cependant, certains experts pensent qu'il pourrait être capable de concurrencer le hêtre européen.

Abies bornmuelleriana MATTF.



Bornmüller's fir, Turkish fir



Bornmüllerjeva jelka



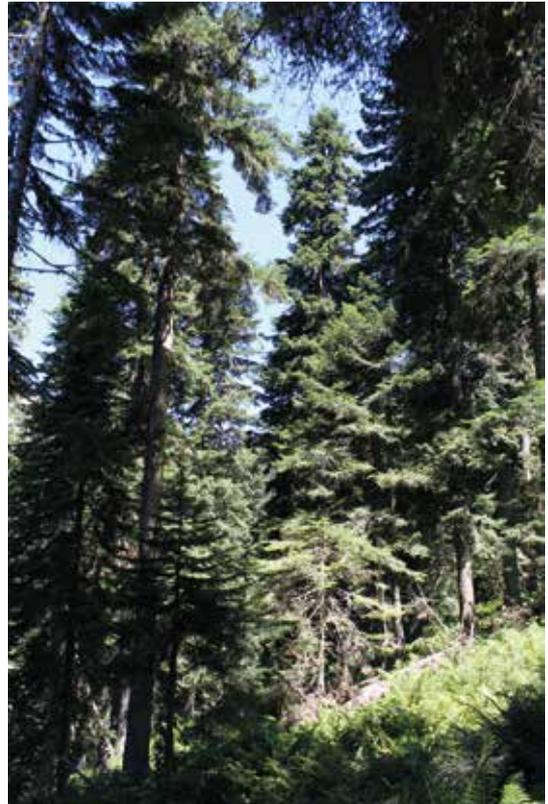
Bornmüllertanne, Türkische Tanne



Sapin de Bornmüller



Abete di Bornmüller



Caractéristiques principales:

- Hybride entre le sapin de Nordmann (*Abies nordmanniana*) et le sapin grec (*Abies cephalonica*).
- Son aire de répartition naturelle est l'Asie mineure au nord-ouest de la Turquie.
- Arbre forestier important dans sa région d'origine en raison de sa croissance rapide et de sa grande tolérance aux gelées tardives.
- Extrêmement tolérant à la chaleur et à la sécheresse, grand potentiel sylvicole dans le contexte du réchauffement climatique.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

En dehors de son aire naturelle, le sapin de Bornmüller convient bien pour enrichir les érablières, les chênaies, les douglaseraies ou les pessières. Il peut également être mélangé à des arbres tels que *Alnus glutinosa*. L'espèce étant sensible à la sécheresse lorsqu'elle est jeune, il est recommandé de protéger les semis avec des résidus de paille pour éviter qu'ils ne se dessèchent rapidement. La plantation en plein est à éviter afin de ne pas provoquer d'infestation de scolytes. Le taux d'échec après des gelées tardives est plus faible que pour les espèces apparentées.

Ravageurs et maladies

Hylastes ater, *Pityophterus micrographus* et *Rhagium bifasciatum* affectent l'espèce dans sa zone d'origine. En Europe centrale, aucun ravageur ou maladie notable n'est connu à ce jour, bien qu'il existe une menace possible d'infestation par les scolytes *Heterobasidion abietinum* et *Dreyfusia nordmanniana*. Une infestation de gui par *Arceuthobium oxycedri* ou *Viscum album* est également possible. Très sensible au broutage et aux dégâts causés par les cerfs et les chevreuils.

Caractère invasif et risques

L'espèce est actuellement considérée comme non invasive. Cependant, d'autres expérimentations sont nécessaires pour assurer une évaluation complète.

Qualité du bois

Le bois du sapin de Bornmüller est très similaire à celui du sapin blanc en ce qui concerne son aspect et son utilisation. Il est de couleur blanchâtre homogène, avec de légères nuances jaunes ou rougeâtres. Il est très facile à travailler et peut être utilisé pour des travaux artisanaux et pour la construction. L'écorce, les bourgeons et les cônes peuvent contenir une grande quantité de résine. Une huile de térébenthine fine peut être distillée à partir de cette matière brute, et le résidu forme une résine grossière appelée colophane. L'oléorésine fraîche est principalement utilisée à des fins pharmaceutiques.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

L'importance économique d'*Abies bornmuelleriana* va probablement augmenter au cours des prochaines années. Le Land de Bade-Wurtemberg (Allemagne) autorise et encourage désormais l'utilisation de l'espèce en sylviculture. En Allemagne, le sapin de Bornmüller n'a guère été utilisé jusqu'à présent en dehors de la culture des arbres de Noël, alors qu'on le voit déjà fréquemment le long des routes en Italie. Dans les essais, il a présenté de meilleurs résultats de croissance et de développement que l'*Abies alba*. Bien qu'il ait été confronté à des gelées tardives ces dernières années, il se rétablit mieux que le sapin de Douglas et le sapin blanc. Il est également très adapté à l'agroforesterie.

Abies cephalonica LOUDON



Creek fir



grška jelka



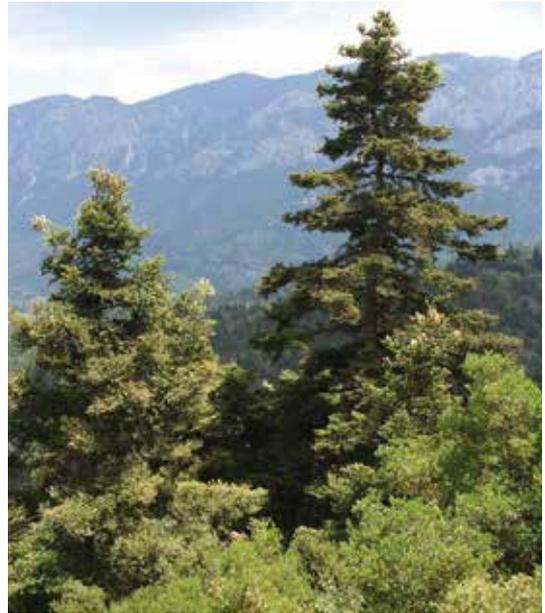
Griechische Tanne



Sapin de Céphalonie



L'abete di Cefalonia



Caractéristiques principales:

- Arbre monoïque, pollinisé par le vent, à feuilles persistantes, avec un système racinaire bien développé.
- Espèce en voie de disparition, avec des effectifs en déclin.
- On a émis l'hypothèse que les forêts de sapins grecs montrent des signes de stress et de dépérissement généralement liés à une mauvaise gestion dans le passé, à des sécheresses périodiques et à des maladies.
- Considéré comme l'une des espèces de sapins méditerranéens les plus sensibles au gel.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Detsis et al. (2016) conseillent d'utiliser de grandes quantités de plants dans les projets de reboisement impliquant le sapin de Grèce, même dans les zones soumises à la sécheresse. En raison des coûts élevés impliqués, ils recommandent l'ombrage avec de la toile de jute pour améliorer les taux de survie sur les parcelles défavorables telles que le calcaire. Ils déconseillent de planter l'espèce dans des sites peu propices, sauf dans une mesure très limitée.

Ravageurs et maladies

Divers champignons pathogènes (*Heterobasidion annosum*, *Armillaria mellea*, *Armillaria gallica*) affectent le sapin grec. *H. annosum* et *A. mellea* sont les principales causes de mortalité des jeunes régénérations dans la zone d'étude en Grèce. Les scolytes (*Phaenops knoteki*, *Pityokteines spinidens*) jouent également un rôle important dans la mortalité des sapins car ils infestent et tuent les arbres souffrant de carence en eau et/ou affectés par d'autres facteurs abiotiques et biotiques. Le gui (*Viscum album* L.) est également un facteur de stress important, qui affecte la densité des couronnes et la mortalité des sapins. La tordeuse du sapin (*Choristoneura murinana*) est un important défoliateur.

Caractère invasif et risques

D'après la littérature, il ne semble pas que l'espèce soit envahissante où que ce soit; au contraire, elle est même considérée comme en danger. Il y a cependant un manque de données provenant de zones situées en dehors de son aire de répartition d'origine.

Qualité du bois

En raison de son bois durable et ferme, il était autrefois une espèce très appréciée et économiquement importante en Grèce (Brus, 2004), mais il est aujourd'hui trop rare pour avoir une importance économique (Jagodziński et al., 2015).

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Toutes les espèces de sapins sont des arbres à feuilles persistantes, aux racines profondes, au tronc droit et au port colonnaire. Les sapins méditerranéens sont plus aptes à la résilience après endommagement, et le sapin cilicien ainsi que le sapin grec atteignent la limite de végétation. Les aiguilles très pointues sont piquantes et très dures, offrant ainsi une protection idéale contre le broutage par le gibier. En raison de sa résistance à la sécheresse, le sapin grec conviendrait à la production de bois en Europe centrale, voire à la culture dans les régions plates et vallonnées. Les sites avec pin noir pourraient être améliorés avec cette espèce d'arbre à croissance rapide, ou avec le sapin blanc à sa limite de distribution la plus basse.

Abies grandis (DOUGLAS EX D. DON) LINDLEY



Grand fir



velika jelka



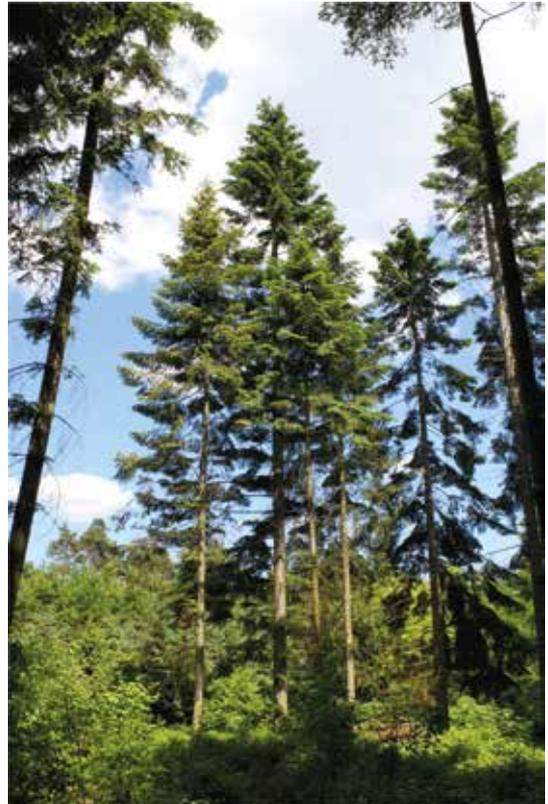
Küstentanne



sapin geant



Abete bianco americano



Caractéristiques principales:

- Introduit en Europe en 1830.
- Ne supporte pas la sécheresse mais peut tolérer le froid et l'ombre.
- N'est pas une espèce recommandée pour les plantations en ville en raison de ses grandes dimensions et de sa sensibilité à la pollution atmosphérique.
- Sujet à l'infestation par de nombreux insectes dans son aire d'origine (ouest des États-Unis).

Management and use in Alpine space forests

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Arbre mature: *Abies grandis* possède d'excellentes qualités d'auto-élagage. Son écorce fine, sa faible conicité et sa couronne étroite contribuent à la productivité élevée de l'espèce. Arbre juvénile: sur les sites chauds et déficients en eau, la protection temporaire par des arbres nourriciers feuillus tels que *Alnus rubra* améliore le taux de survie des semis plantés. Régénération: En tant qu'arbre modérément tolérant à l'ombre, le sapin géant peut se régénérer dans des conditions de lumière intermédiaires sur des sols forestiers peu profonds et friables ou des sols minéraux exposés. Ces conditions se rencontrent généralement dans le sous-étage des peuplements de feuillus.

Ravageurs et maladies

En Europe, le grand sapin est affecté par le puceron du sapin (*Cinara curvipes*), qui provoque le dessèchement des jeunes arbres, ainsi que par *Kabatina abietis* Pehl (1993), qui attaque les aiguilles et provoque la nécrose des jeunes arbres de moins de 10 ans (tous deux signalés en Slovénie). Dans sa zone d'origine, il est attaqué par de nombreux insectes, dont la tordeuse occidentale des bourgeons de l'épicéa (*Choristoneura occidentalis*) et la chenille à houppes du sapin de Douglas (*Orygia pseudotsugata*), qui provoquent toutes deux la défoliation, la mort de la cime et la mortalité, ainsi que le scolyte occidental du baume (*Dryocoetes confuses*), le graveur du sapin (*Scolytus ventralis*), la pyrale du cône du sapin (*Barbara* spp.), la mouche du cône du sapin (*Earomyia* spp.) et plusieurs chalcidés des graines.

Caractère invasif et risques

Abies grandis est considéré comme une espèce envahissante en Grande Bretagne, mais il n'est pas envahissant dans l'espace alpin.

Qualité du bois

Le sapin géant est une espèce économiquement importante dans son aire de répartition d'origine. Son bois tendre est une source appréciée de pâte à papier et il est également exploité comme bois d'œuvre, bien qu'il soit plus faible et sujet à la pourriture que de nombreuses autres espèces. Il est également utilisé pour la fabrication de contreplaqué et a été employé en gros œuvre en construction.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Espèce non indigène sous-estimée en Europe en général. Ce n'est que ces dernières années que l'on a accordé plus d'attention au sapin géant en raison de ses grandes dimensions et de sa croissance rapide. Certains experts l'apprécient moins en raison de la qualité prétendument inférieure de son bois dans les sites européens, mais il n'existe pas d'études fiables à ce sujet. De même, son impact sur les sites et son rôle dans l'environnement n'ont pas été suffisamment étudiés jusqu'à présent. Le sapin géant est l'une des espèces dont l'utilisation devrait être étudiée plus intensivement dans les plantations expérimentales à l'avenir. Son caractère potentiellement invasif n'a pas été un problème en Europe jusqu'à présent.

Abies nordmanniana subsp. *equi-trojani* (ASCH. & SINT. EX BOISS.) COODE & CULLEN



Nordmann fir, Caucasian fir



kavkaška jelka



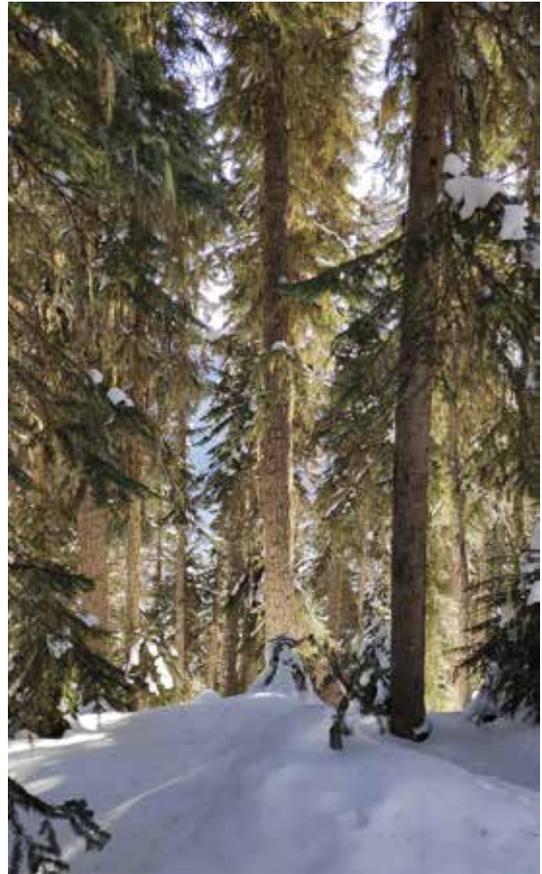
Nordmanntanne, Kaukasustanne



Le sapin de Nordmann



L'abete del Caucaso



Caractéristiques principales:

- L'aire de répartition indigène se situe dans le Caucase occidental et le sud-est de l'Anatolie.
- En dehors de son utilisation comme arbre de Noël, il n'a pas de valeur économique significative à ce jour.
- Son potentiel sylvicole et sa supériorité sur les espèces apparentées sont apparus sur des parcelles expérimentales.
- L'espèce est classée comme non invasive et n'est affectée par aucun ravageur ou maladie notable.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le sapin de Nordmann n'est jusqu'à présent pas considéré comme ayant une importance forestière significative en dehors de sa culture pour les arbres de Noël et de son utilisation occasionnelle dans les parcs et jardins. Cependant, diverses expériences sur le terrain ont démontré le grand potentiel sylvicole de l'espèce. Elle convient parfaitement comme essence mixte pour l'enrichissement des peuplements composés d'essences caduques. La plantation simple doit être préférée à la plantation en collectif afin de ne pas provoquer d'infestations de scolytes. Il ne doit pas être cultivé sur des sites sujets à des gelées tardives ou sur des sols exposés à des eaux stagnantes. L'espèce étant sensible à la sécheresse lorsqu'elle est jeune, il est recommandé d'enrichir les semis avec des résidus de paille.

Ravageurs et maladies

L'espèce n'est pas fortement menacée par les ravageurs ou les maladies dans son aire de répartition naturelle; seuls les scolytes (*Morimus verecundus*, *Cryphalus piceae*) et l'infestation par le gui (*Viscum album*) peuvent devenir un problème. Après la plantation, les sapins de Nordmann doivent être clôturés pour les protéger de l'abrutissement.

Caractère invasif et risques

Actuellement classé comme non invasif. Cependant, d'autres expérimentations sont nécessaires pour assurer une évaluation complète.

Qualité du bois

Le bois est tendre et résistant à la flexion. En raison de sa distribution limitée, le sapin de Nordmann n'a pas une grande importance économique. Dans son aire de répartition naturelle, il est principalement utilisé dans l'industrie de la pulpe et pâte à papier. Le bois est facile à traiter et est parfois utilisé dans la construction aéronautique et d'instruments de musique.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

L'importance économique de cette espèce augmentera à l'avenir, et elle constitue une bonne alternative aux sapins blancs et aux épicéas indigènes. Dans les expérimentations, il a une croissance et un développement supérieur à *Abies alba*. Aucun parasite spécifique n'a été signalé jusqu'à présent.

Acer negundo L.



Box elder



ameriški javor, negundovec



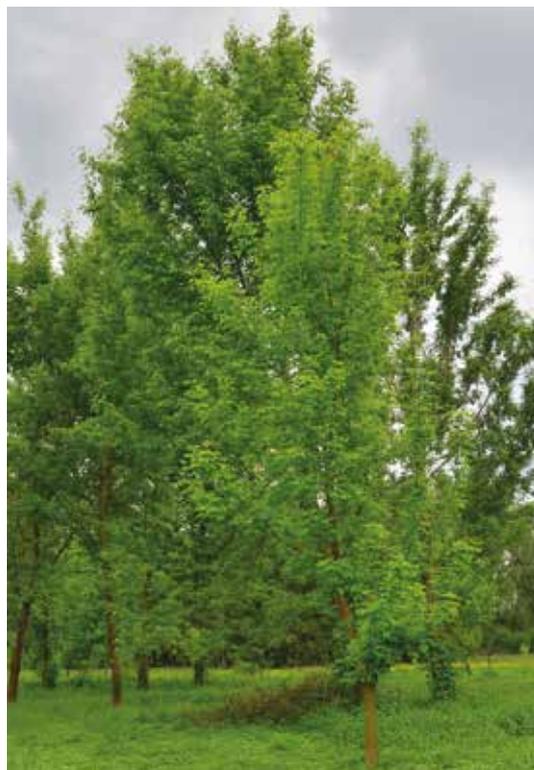
Eschen-Ahorn, Eschenahorn



erable a feuilles de frêne



acero a foglie di frassino,
acero americano



Caractéristiques principales:

- Introduit intentionnellement en Europe à des fins horticoles et paysagères.
- Cette espèce est peu exploitée économiquement en termes de production de bois d'œuvre ou de combustible.
- En raison de son caractère invasif, des risques environnementaux apparaissent notamment dans les zones riveraines.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Parmi les mesures utilisées pour contrôler cet envahisseur dans son aire de répartition secondaire, la destruction des semis spontanés semble préférable; la coupe des arbres adultes n'est pas efficace, car ils peuvent rejeter à partir des souches. À l'échelle locale, l'annélation répétée chaque année et l'élimination supplémentaire des semis dans les sous-bois se sont avérées plus efficaces lorsque l'annélation est appliquée aux individus adultes et aux jeunes arbres.

Ravageurs et maladies

De multiples ravageurs et maladies affectent cet érable, dont nous ne citerons que certains des plus importants. *Anoplophora glabripennis* est un longicorne invasif qui se propage lorsque les arbres infestés sont coupés ou élagués et que le bois est déplacé. *Eutypella parasitica* provoque le chancre de l'érable, qui a été découvert en Slovénie pour la première fois en 2005. *Inonotus rickii* est un basidiomycète qui provoque des chancres et qui est très envahissant le long des boulevards urbains.

Caractère invasif et risques

Il est considéré comme un problème dans de nombreux pays européens. Cet érable est actuellement classé comme envahissant dans toute l'Europe méridionale, centrale et orientale, où il est surtout présent dans les habitats riverains. Il est considéré comme une espèce pionnière en raison de sa capacité d'adaptation et peut souvent envahir des terres agricoles abandonnées.

Qualité du bois

L'*Acer negundo* a peu d'intérêt économique, car son bois présente des caractéristiques indésirables: Il est léger, mou, à grain serré et peu résistant. Récemment, cependant, des recherches ont montré une utilisation potentiellement intéressante du bois en raison de sa caractéristique esthétique et de sa coloration rouge particulière.

Gestion et prévention si invasif

Élimination de l'*Acer negundo* à toutes ces phases de développement (juvéniles, adultes) associé à un reboisement avec des espèces indigènes. L'augmentation de la proportion d'espèces tolérantes à l'ombre ainsi que l'augmentation de l'âge des espèces indigènes concurrentes peuvent également représenter des stratégies efficaces pour limiter sa propagation.

Avis d'expert

Contrairement à d'autres espèces d'arbres invasives, qui offrent une valeur commerciale en plus de leurs utilisations ornementales (par exemple: *Robinia pseudoacacia*, *Prunus serotina*), aucune utilisation de ce type n'a été identifiée pour l'*Acer negundo* jusqu'à présent.

Cedrus libani A. RICH.



Lebanon cedar



libanonska cedra



Libanon-Zeder



Cèdre du Liban



Cedro del Libano



Caractéristiques principales:

- Conifère à feuilles persistantes dont l'aire de répartition naturelle se situe dans les montagnes méditerranéennes de Turquie, de Syrie et du Liban.
- Son bois est durable et peut être transformé facilement.
- Utilisé dans le passé par les Égyptiens pour la construction de temples.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Bien que *Cedrus libani* ne soit pas un arbre pertinent pour la foresterie dans la région alpine, il existe quelques parcelles expérimentales gérées par des centres de recherches. Des boisements en dehors de l'aire de répartition naturelle de l'espèce ont été réalisés en Italie et en France, et plusieurs essais de culture et de provenance ont été mis en œuvre en Suisse, en Allemagne, en France et en Italie, mais les connaissances disponibles sont encore insuffisantes pour formuler des recommandations sylvicoles. Selon l'état actuel des connaissances, le cèdre du Liban a une bonne croissance dans des endroits peu profonds et sur calcaire; les provenances du Liban doivent cependant être évitées, car elles sont exposées à des risques de gelées tardives. En outre, des indications d'un risque accru dû à la neige humide ont été signalées. Une étude réalisée en Bavière (Allemagne) a montré un bon potentiel de croissance dans les conditions climatiques d'Europe centrale.

Ravageurs et maladies

Le cèdre du Liban est menacé par *Acleris undulana* (teigne des feuilles du cèdre), *Parasyndemis cedricola* (teigne des pousses du cèdre du Liban), *Traumatocampa ispartaensis* processionnaire du cèdre) et *Thaumetopoea pityocampa* (processionnaire du pin). Les coléoptères de l'écorce, les longicornes et les buprestides sont des ravageurs secondaires. La plantation sur des sols humides ou compacts qui ne sont pas adaptés présente un risque considérable d'infestation par *Armillaria mellea*. Le champignon *Botrytis cinerea* provoque le jaunissement et la mort des aiguilles de *Cedrus libani*. En outre, des études réalisées au Liban indiquent que *Cephalia tannourinensis* (diprion du cèdre) a un effet négatif sur la croissance des arbres, la structure des peuplements et la régénération.

Caractère invasif et risques

Aucun rapport sur le caractère envahissant. En raison de sa rareté en Europe centrale, on ne sait pas encore si l'espèce est envahissante, mais on suppose que le cèdre du Liban n'a pas de potentiel envahissant en raison de sa faible compétitivité.

Qualité du bois

En raison de son bois facilement transformable et résistant aux intempéries, il est encore aujourd'hui une espèce d'arbre recherchée. La dureté et la durabilité du bois sont comparables à celles du teck (*Tectona* sp.) et du robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), et il est utilisé pour la construction, le placage, les meubles ou les mâts. Il est facile à polir et à vernir et ne se déforme pas en séchant. Les cernes de croissance sont larges et il y a une grande proportion de bois de cœur jaunâtre à brun rougeâtre. L'aubier est jaune pâle à rouge pâle. Le bois a également une odeur très aromatique, et ses huiles essentielles sont utilisées à des fins cosmétiques.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Cedrus libani est très tolérant à la sécheresse, mais la prudence est de mise car il est sensible au gel. Le bois se travaille très bien en menuiserie et est utilisé pour l'équipement et la construction intérieure et extérieure (mobilier, construction navale...). Il convient également comme bois de décoration, de sculpture et il dégage une odeur agréable lorsqu'il est travaillé.

Chamaecyparis lawsoniana (A. MURRAY BIS) PARL.



Lawson cypress



Lawsonova pacipresa



Lawsons Scheinzypresse



Cyprès de Lawson



Cipresso di Lawson



Caractéristiques principales:

- Conifère à feuilles persistantes dont l'aire de répartition d'origine se situe dans l'ouest des États-Unis (Oregon et Californie).
- Il est devenu quasi menacé dans son aire de répartition d'origine en raison d'une épidémie du champignon *Phytophthora lateralis*.
- Le bois est léger, tendre et durable.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le cyprès de Lawson est présent dans l'espace alpin principalement dans des parcelles expérimentales gérées par des centres de recherches. Il peut pousser sous couvert forestier ou comme pionnier en terrain ouvert. Cependant, l'expérience sylvicole montre que la culture en terrain ouvert peut conduire à une croissance buissonnante avec un fort développement des rameaux. Sa tolérance à l'ombre le rend approprié pour la plantation dans les trouées ainsi que pour les opérations de regarnissage et de préparation d sol. Les conditions climatiques en forêt peuvent le protéger contre les dommages causés par le gel, mais les spécimens trop ombragés perdront une partie de leur potentiel de croissance. En général, le taux de croissance est relativement lent chez les jeunes arbres, mais les arbres plus âgés conservent leur capacité à répondre aux éclaircies (mis en lumière et espacement) et peuvent devenir dominants avec le temps.

Ravageurs et maladies

La menace la plus sérieuse pour *Chamaecyparis lawsoniana* est le champignon *Phytophthora lateralis*, qui provoque la pourriture des racines et a entraîné la classification de l'espèce comme "quasi menacée" aux Etats-Unis. En Europe, des foyers de *P. lateralis* sont apparus dans le nord-ouest de la France et au Royaume-Uni. Divers autres champignons pathogènes peuvent également entraîner la mort prématurée de l'extrémité des pousses. Dans certains cas, les taches dénudées sont le signe d'une infestation par la mineuse du thuya, *Argyresthia thuiella*. Des trous visibles dans le tronc et des pousses desséchées sont des signes de la présence du scolyte du thuya, qui s'est rapidement répandu en Allemagne en quelques années.

Caractère invasif et risques

Aucune référence sur le caractère invasif n'a été trouvée.

Qualité du bois

Le bois est léger, tendre, de croissance régulière et durable, ce qui le rend très précieux. Il a une texture fine et un grain droit, facile à travailler et résistant à la pourriture. Le bois convient à un large éventail d'applications telles que la construction, les traverses de chemin de fer, les portes, les jouets et, dans le passé, les flèches et les lattes des bordures vénitiennes.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Ces dernières années, le cyprès de Lawson a été de plus en plus utilisé dans les haies du Tyrol du Sud. Les variétés sont très demandées et poussent très bien. Les parasites et les maladies fongiques ne sont pas connus en Europe ou n'apparaissent que très sporadiquement.

Ailanthus altissima (MILL.) SWINGLE



Tree of heaven



veliki pajesen



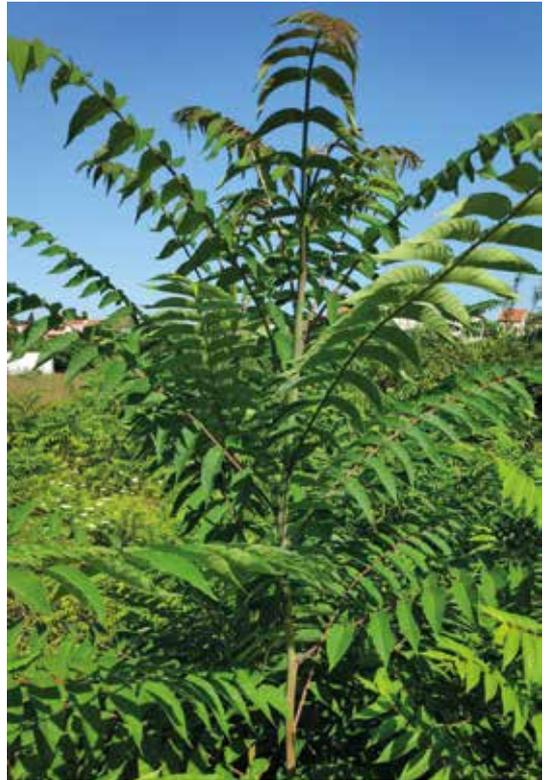
Götterbaum



ailante, arbre du ciel



Ailanto, Albero del paradiso



Caractéristiques principales:

- Est devenue envahissante sur tous les continents sauf l'Antarctique.
- Plus abondante dans les habitats urbains et le long des voies de communication, mais peut également envahir les habitats naturels.
- Les scientifiques prévoient que le réchauffement climatique va encore accroître l'expansion de son aire de répartition.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

En Europe, l'arbre du paradis envahit les forêts riveraines ainsi que certains bois mésiques et xériques, de préférence dans les zones sub-méridionales à méridionales. Les méthodes utilisées pour le contrôler comprennent des mesures manuelles, mécaniques et chimiques ainsi que le brûlage, le pâturage et la lutte biologique. Il est très difficile de l'éliminer une fois qu'il a établi une racine pivotante, et tous les traitements nécessitent donc une surveillance ultérieure. Jusqu'à présent, la combinaison de traitements mécaniques et chimiques semble donner les meilleurs résultats.

Ravageurs et maladies

Ailanthus altissima possède des mécanismes de défense naturels contre certains ravageurs en raison de la composition chimique de ses tissus. Cependant, il est appétent pour les escargots et certains insectes tels que la pyrale du mûrier (*Hyphantria cunea*) et la pyrale de l'ailante (*Samia cynthia*). Cette dernière s'est propagée de la Chine à de nombreux pays européens. Les maladies de flétrissement causées par *Verticillium* spp. sont considérées comme la principale cause de mortalité.

Caractère invasif et risques

L'arbre du paradis est très prolifique et répandu en tant qu'espèce envahissante en Europe (25 pays et 54% de l'aire de répartition totale introduite). Il est devenu envahissant sur tous les continents sauf l'Antarctique et affecte l'environnement en agissant comme une espèce allélopathique, modifiant les conditions du sol ainsi que la cascade trophique. Les jeunes arbres se développent rapidement, supplantant de nombreuses autres espèces végétales pour la lumière et l'espace. Dans les communautés riveraines, la présence d'*Ailanthus altissima* a été associée à une diminution de la richesse des espèces végétales et de la phylodiversité.

Qualité du bois

Le bois d'*Ailanthus altissima* est léger et durable. En Slovaquie, il est utilisé pour soutenir les haricots qui poussent dans les zones karstiques. Il a une faible valeur énergétique et une faible combustibilité et produit une fumée malodorante et suffocante, ce qui le rend impropre à une utilisation en tant que bois de chauffage.

Gestion et prévention si invasif

Le contrôle de la prolifération de l'ailante s'est avérée être une tâche difficile. Seul le traitement chimique des souches coupées donne des résultats à long terme, tandis que l'élimination purement mécanique est souvent contre-productive en raison de l'extrême capacité de rejet de l'espèce. La faisabilité à long terme d'une lutte ciblée contre *Ailanthus altissima* en forêt dépend fortement de la structure de la forêt et de la composition des espèces.

Avis d'expert

L'arbre du paradis est l'une des espèces d'arbres non indigènes les plus controversées en Europe. Il a non seulement été utilisé dans les jardins pour sa beauté, mais aussi largement employé pour le reboisement de zones dégradées. L'espèce a été introduite en Europe il y a longtemps et a été plantée fréquemment, deux facteurs favorisant sa prolifération envahissante. Après s'être établie avec succès dans des environnements difficiles, elle est aujourd'hui reconnue comme l'une des espèces invasives les plus dangereuses et aurait un impact négatif sur la biodiversité des écosystèmes locaux. Cependant, l'arbre du paradis envahit rarement les forêts naturelles gérées ou les terres agricoles cultivées, se propageant plutôt sur des sites abandonnés ou non cultivés. Cette espèce montre clairement comment l'intervention humaine dans les écosystèmes naturels peut déclencher des processus à long terme qui peuvent devenir irréversibles après un changement soudain des perspectives et des valeurs sociales. Pour l'instant, *Ailanthus altissima* n'a qu'un usage limité et est considéré comme indésirable par les propriétaires forestiers, mais des recherches récentes indiquent un potentiel considérable pour la production de bois et de miel.

Cedrus deodara (ROXB.) G.DON



Himalayan cedar



himalajska cedra



Himalaya-Zeder



cèdre de l'Himalaya



cedro dell'Himalaya



Caractéristiques principales:

- Conifère originaire de la région de l'Himalaya occidental (Afghanistan, Pakistan, Népal, Chine et Inde).
- Se trouve généralement à des altitudes élevées et est très important pour le marché du bois en Inde.
- Peut atteindre jusqu'à 50 mètres de hauteur dans son aire d'origine.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Quelques rapports font état de peuplements de cèdre de l'Himalaya dans la région méditerranéenne, mais son occurrence globale en Europe est négligeable. Des plantations expérimentales dans le nord-ouest de l'Italie ont donné de bons résultats en termes d'utilisation économique sous forme de taillis à courte rotation. Avec une durée de rotation de 14 ans, le diamètre moyen à hauteur de poitrine était de 26cm et la hauteur moyenne des arbres était de 18 m. Le rendement de la biomasse ligneuse était d'environ 300 tonnes par hectare.

Ravageurs et maladies

Sensible aux scolytes, à l'*armillaire*, au *phytophthora*, à la pourriture des racines et à la fumagine.

Caractère invasif et risques

Il n'existe pas de données spécifiques sur le caractère invasif de *Cedrus deodara*. Compte tenu de sa forte demande en précipitations et de sa faible résistance au gel, l'espèce a probablement peu de potentiel invasif dans l'espace alpin.

Qualité du bois

Le bois du cèdre de l'Himalaya présente un duramen brun clair et est assez léger. Il est très durable, surtout lorsqu'il est cultivé dans sa zone d'origine. Les huiles essentielles sont recueillies à partir de sa résine et utilisées à diverses fins. Le bois se caractérise par une résistance à la flexion et une rigidité moyennes, ainsi que par une faible dureté. En raison de son odeur unique, de sa rusticité et du fait qu'il se travaille facilement, le bois de *Cedrus deodara* est souvent utilisé pour la construction et les meubles. Il est également utilisé comme traverse ou dans les ponts.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Cedrus deodara est l'une des espèces de cèdres les plus résistantes au gel. Les jeunes plants, en particulier, font preuve de robustesse et d'une excellente croissance. L'espèce a besoin de beaucoup de lumière, se développe dans des sols pauvres, et tolère la chaleur et la sécheresse. Dans le contexte du changement climatique, elle présente donc un grand potentiel pour une utilisation urbaine et forestière. Il existe déjà plusieurs essais dans les forêts européennes. Jusqu'à présent, aucune maladie spécifique affectant l'espèce n'est connue. Il existe des avis contradictoires concernant son bois: alors qu'il est utilisé depuis longtemps à diverses fins en Inde, il n'a pas de valeur économique significative en Europe. En revanche, le cèdre de l'Himalaya présente une valeur écologique considérable, et ses graines sont consommées par les oiseaux. Des expérimentations supplémentaires sont nécessaires pour déterminer pleinement les caractéristiques de cette espèce.

Corylus colurna L.



Turkish hazel



turška leska



Baumhasel



Noisetier de Byzance



Nocciola



Caractéristiques principales:

- Espèce d'arbre à feuilles caduques originaire de la péninsule des Balkans et de l'Anatolie.
- N'étant considérée comme envahissante pour aucun écosystème d'Europe centrale, l'espèce présente des caractéristiques parfaites en termes d'adaptabilité au changement climatique.
- La plus grande menace pour cette espèce d'arbre sont les souris, qui grignotent l'écorce, ce qui entraîne une forte mortalité.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Bien que le noisetier turc puisse atteindre jusqu'à 30 m de hauteur et que ses exigences soient modestes, son importance pour la sylviculture européenne est plutôt faible. Cependant, les connaissances des forestiers concernant cette espèce ont augmenté au cours des 20 dernières années. Cette essence est maintenant souvent utilisée pour la protection contre l'érosion sur des sites aux sols secs, où la mise en culture (agriculture) est très compliquée. *Corylus colurna* développe généralement des tiges verticales et bien formées, qui sont très attrayantes d'un point de vue forestier. Une éclaircie régulière par le haut est indispensable pour maintenir un fort accroissement radial. Il ne doit pas être planté en monoculture et doit être protégé des souris. En ce qui concerne les effets du changement climatique, l'utilisation du noisetier turc en foresterie devrait devenir plus courante à l'avenir.

Ravageurs et maladies

Corylus colurna est résistant à la plupart des types de parasites. Les causes abiotiques de dommages et les insectes ne jouent qu'un rôle mineur. La plus grande menace pour l'espèce sont les souris, qui sont particulièrement problématiques pendant les périodes de sécheresse lorsque les autres sources de nourriture sont rares. Le mildiou est induit par l'espèce *Phyllactinia corylea*, et les larves de *Balaninus nucum* peuvent se nourrir des graines du noisetier turc.

Caractère invasif et risques

En raison de sa très faible compétitivité, le noisetier turc ne devrait pas être envahissant. De nombreuses plantations anciennes à travers l'Europe corroborent cette hypothèse: Aucune conséquence négative pour la flore, la faune et le sol indigènes n'a encore été constatée.

Qualité du bois

Le bois du noisetier turc est un bois de qualité avec une couleur rougeâtre unique. Comme cette espèce d'arbre pousse plus rapidement que les espèces de chêne, du bois de qualité peut être produit dans des délais plus courts. Les aspects négatifs incluent la possibilité de branches incarnées et de grain bouclé. En raison de la surexploitation des peuplements naturels dans son aire d'origine, seuls de petits volumes de bois sont disponibles, et il n'existe donc pas de marché spécialisé pour le bois de noisetier turc. Outre son utilisation en ébénisterie, il est également utilisé en tournage.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Le noisetier turc pourrait jouer un rôle comparable à celui de *Quercus rubra* dans les forêts d'Europe centrale, et notamment dans les vallées et piémont. L'espèce pourrait être très bénéfique pour l'exploitation forestière en raison de sa grande résistance à la sécheresse, aux parasites et aux maladies, de son bois de valeur et de son absence de potentiel invasif.

Prunus serotina EHRH.



Black cherry



pozna čremsa



Amerikanische Traubenkirsche



capulin



ciliegio nero



Caractéristiques principales:

- Introduit en Europe depuis l'est de l'Amérique du Nord au XVIIe siècle.
- Planté dans de nombreux pays à des fins ornementales, pour le bois d'œuvre et pour l'amélioration des sols.
- Envahissant et difficile à éradiquer en raison de la repousse intensive.
- Le succès de l'invasion peut être attribué à sa date d'introduction et à la pression élevée des propagules.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le cerisier noir a suscité l'intérêt des forestiers depuis le début des années 1800 pour la production de bois de haute qualité sur des sols pauvres. Cependant, cette production de bois d'œuvre n'a pas été très fructueuse, et l'espèce a donc été reléguée à l'utilisation dans les coupe-vent et les coupe-feu. Elle a été largement plantée dans les sous-bois des plantations européennes de conifères au cours de la première moitié du XXe siècle afin d'améliorer la qualité de la litière et de fournir un abri grâce à sa formation de taches denses. Depuis lors, il a commencé à se propager spontanément dans les lisières de forêts et les sites forestiers ouverts, ainsi que dans des zones de grande valeur écologique telles que les tourbières, les prairies sèches et les landes. En particulier, des invasions ont souvent été enregistrées sur des sols bien drainés et pauvres en nutriments, où le cerisier noir peut former une couche dense d'arbustes et de sous-étage.

Ravageurs et maladies

Prunus serotina est connu pour servir d'hôte à une grande variété d'agents pathogènes des plantes en Amérique du Nord, dont beaucoup peuvent être moins répandus ou même absents dans son aire d'introduction européenne. Les ravageurs et les maladies les plus importants sont *Armillaria* spp, la cylindrosporiose du

merisier (*Blumeriella jaapitii*), les limaces du poirier (*Caliroa cerasi*), criblure du merisier (*Stigmia carpophila*) et le longicorne *Aromia bungii*. Des problèmes potentiels peuvent résulter du fait que l'espèce est également une plante hôte pour certains ravageurs agricoles et forestiers.

Caractère invasif et risques

Le cerisier noir est un envahisseur très répandu des forêts tempérées européennes, où il a tendance à former des peuplements homogènes. Il pose d'importants problèmes de gestion dans les écosystèmes forestiers en supprimant la régénération des espèces d'arbres indigènes, et sa propagation peut modifier considérablement les caractéristiques écologiques clés (en particulier les propriétés du sol) et entraîner une perte de biodiversité. Malgré sa dépendance aux perturbations, il est capable de pénétrer à l'intérieur des forêts et de former un banc de jeunes arbres à longue durée de vie, qui peut rapidement coloniser des trouées et les espaces mis en lumière. Les plantations dans les exploitations agricoles peuvent également être considérées comme des habitats à risque pour une propagation involontaire. *Prunus serotina* possède de nombreux traits fonctionnels (par exemple, une dispersion efficace des graines, une croissance végétative massive, un haut degré d'adaptabilité écologique) associés à un comportement invasif efficace.

Qualité du bois

Le bois de cerisier noir est léger, solide et est considéré comme l'un des meilleurs bois polyvalents en termes de maniabilité. Le bois de cœur est très durable et résistant à la pourriture. Les utilisations courantes sont l'ébénisterie, les parquets, la menuiserie intérieure, le placage, les objets tournés et les petits articles en bois spécialisés. Il est particulièrement adapté aux meubles de salle à manger, aux grands bureaux et tables. Le bois des pousses peut être de haute qualité et est utilisé pour le bois de sciage.

Gestion et prévention si invasif

Le cerisier noir possède une excellente capacité de rejet à partir des racines et des souches, ce qui le rend difficile à éradiquer. Une recommandation sylvicole courante consiste à n'abattre que les arbres de gros diamètre, les arbres plus fins n'étant pas traités. L'annélation s'est avérée être le traitement le plus efficace. Toutes les mesures doivent être répétées sur plusieurs années. Les trouées dans le couvert forestier facilitent la colonisation par cette espèce pionnière, et les méthodes d'exploitation intensive (coupes à blanc) sont donc à éviter. D'autres options pour contrôler l'établissement et la propagation de *Prunus serotina* comprennent la plantation ou l'ensemencement d'espèces tolérantes à l'ombre, le maintien d'une fermeture suffisante du couvert forestier, le soutien à la régénération naturelle d'espèces d'arbres indigènes avec un indice de surface foliaire élevé qui ombragent le sous-étage. Le champignon *Chondrostereum purpureum* pourrait constituer un herbicide microbien efficace.

Avis d'expert

Dans plusieurs régions d'Europe, *Prunus serotina* est l'une des espèces d'arbres non indigènes envahissantes les plus courantes. Il existe différentes approches de ce problème: De nombreux pays luttent contre l'espèce, l'éliminant en raison de son caractère envahissant et essayant de limiter sa propagation, ce qui est rarement réussi. Dans le même temps, il existe peu de recherches ou de preuves d'une plus grande nocivité pour l'environnement naturel ou même la santé humaine. En fait, la plupart des perceptions négatives à l'égard du cerisier noir semblent être dues simplement au fait qu'il s'agit d'une espèce étrangère. La deuxième approche possible, qui est déjà appliquée dans certaines régions d'Europe, est plus pragmatique. Parce qu'il produit du bois de haute qualité, que ses fruits favorisent la biodiversité et la faune forestière, et parce qu'il n'a pas d'impact négatif sérieux prouvé sur l'environnement, il est considéré comme une espèce d'arbre utile partout où il s'est répandu et intégré dans la composition naturelle des arbres. Cependant, il existe encore très peu de recherches approfondies sur l'espèce et son potentiel en Europe, et il serait judicieux d'accélérer ces recherches. Si l'on considère que le cerisier noir est difficile à éliminer entièrement car il peut rejeter à partir des souches, son éradication complète des zones envahies est très coûteuse. Il semble donc utile d'envisager des approches alternatives.

Paulownia tomentosa (THUNB.) STEUD.



Princess tree



pavlovnija



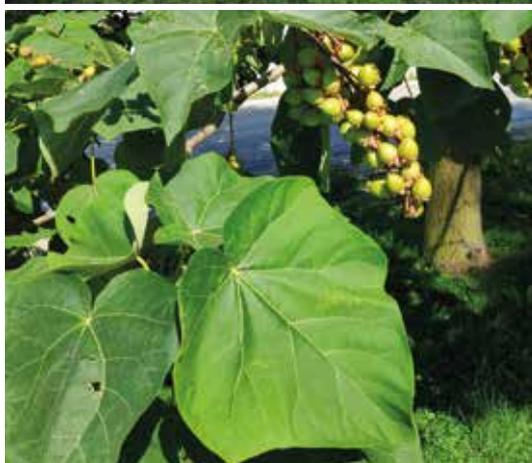
Kaiser-Paulownie



Paulownia



Paulownia



Caractéristiques principales:

- Arbre à croissance rapide pouvant atteindre 18 m de hauteur, avec de grandes feuilles en forme de cœur.
- En provenance de Chine, introduit en Europe au début du XIXe siècle comme plante ornementale.
- Apprécié pour son bois de haute qualité utilisé dans l'ameublement, les produits décoratifs et les instruments de musique.
- Potentiellement invasif en Europe.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

En Europe, le paulownia est principalement utilisé dans les plantations pour le bois d'oeuvre et la production de bioénergie. Il ne peut probablement pas jouer un rôle important en tant qu'arbre forestier dans l'espace alpin, car il est intolérant à l'ombre. Il peut, cependant être envahissant dans les zones où végétation est perturbée et doit donc être observé attentivement à l'avenir.

Ravageurs et maladies

On sait peu de choses sur sa vulnérabilité aux maladies et aux ravageurs en Europe. Aux États-Unis, des dommages causés par plusieurs maladies du feuillage et par des ravageurs polyphages ont été signalés. *Eumeta variegata* est le défoliateur et le ravageur le plus important trouvé sur cette essence dans son aire de répartition naturelle; il se propage avec les semis. Le balai de sorcière du paulownia est causé par un phytoplasme (vecteur: la punaise *Halyomorpha picuset*) se trouve souvent dans les plantations. L'antracnose est une maladie importante des jeunes plants. Parmi les maladies provoquées par des champignons, on trouve la fonte des semis causée par *Rhizoctinia solani* et *Fusarium* spp. *Sphaceloma tsugii*. Le nématode *Meloidogyne marioni* infecte les racines des semis, entraînant leur mortalité..

Caractère invasif et risques

En tant qu'espèce pionnière, il s'établit principalement sur des sites ouverts. En Europe et ailleurs, il s'est établi dans des clairières forestières et des habitats ouverts perturbés. Son activité invasive en Europe n'est pas encore un problème pour la conservation de la nature, car elle est actuellement principalement confinée aux habitats anthropophiles. Les basses températures hivernales constituent un facteur limitant clé de ce caractère invasif. Elle peut se propager de manière végétative ainsi que par semis. Les graines sont dispersées par l'eau et le vent jusqu'à 3,5 km de la plante mère et restent viables pendant longtemps. Son caractère invasif devrait cependant être surveillé à l'avenir, car l'espèce pourrait potentiellement coloniser des habitats plus naturels, surtout si l'on considère les futures conditions climatiques. En dehors de l'Europe, il est classé comme envahissant en Amérique du Nord et en Nouvelle-Zélande.

Qualité du bois

Il est très apprécié pour son bois de grande qualité. Des plantations sont donc cultivées pour la production de bois d'œuvre en Asie, aux États-Unis et en Europe. Le bois est très léger, avec un grain droit et un faible retrait. Il est facile à raboter, scier et sculpter, et il est résistant aux flammes avec un point d'inflammabilité très élevé de 420 °C (environ 50 % de plus que les autres essences forestières). Il est utilisé pour la fabrication de meubles, de modèles réduits d'avions, de planeurs, ainsi que pour les panneaux intérieurs d'avions, de bateaux et de véhicules. Il est également apprécié pour la fabrication d'instruments de musique, de ruches et d'objets du quotidiens.

Gestion et prévention si invasif

Une fois que l'espèce s'est établie, il est recommandé de l'éradiquer en arrachant les semis, en retirant toute la racine à la main avant que la racine pivotante ne soit bien développée. L'abattage des arbres adultes au plus proche du sol et la pulvérisation répétée d'herbicides sur la souche sont également efficaces. L'élimination complète est nécessaire car il est capable de se régénérer végétativement via son système racinaire et des débris laissés au sol. La production de graines peut être évitée par l'annélation. Pour éviter tout risque écologique, l'espèce ne doit pas être cultivée à grande échelle ou à proximité d'habitats ouverts à haute valeur de conservation.

Avis d'expert

Il y a plus de 30 ans, le paulownia a été cultivé dans des plantations en Allemagne, mais l'espèce ne s'est pas révélée suffisamment résistante au gel. Il existe divers projets de plantation en Europe pour la production de bois d'œuvre, mais il nécessite généralement des soins intensifs en pépinière et une irrigation importante. Il pousse mieux dans la région méditerranéenne. Le caractère potentiellement envahissant des hybrides cultivés dans les plantations est probablement réduit par la coupe de toutes les inflorescences. Cette élimination est cependant très coûteuse et peut s'avérer insuffisante pour empêcher la propagation due à la reproduction végétative. Il est recommandé de le cultiver exclusivement sur des sites bien sélectionnés et avec le bon choix de semences. Ce n'est qu'à cette condition qu'il peut constituer une bonne alternative aux espèces d'arbres indigènes.

Picea omorika (PANČIĆ) PURK.



Serbian spruce



omorika, Pančićeva smreka



Serbische Fichte



Epicea de Serbie



Abete rosso della Serbia



Caractéristiques principales:

- Relique endémique de la flore européenne de la famille des pins.
- Espèce de conifère à couronne étroite et élancée.
- Distribution naturelle actuelle limitée à une petite zone dans les Balkans centraux entre la Serbie et la Bosnie-Herzégovine.
- Menacée et en voie de disparition.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Picea omorika est originaire de la zone frontalière montagnaise entre la Serbie et la Bosnie-Herzégovine, dans la région centrale des Balkans. En dehors de quelques parcelles expérimentales, il n'est pas utilisé à des fins sylvicoles en dehors de son aire de répartition naturelle. En Bosnie-Herzégovine, il est employé avec succès dans le reboisement des zones de haute altitude. Dans l'espace alpin, il est régulièrement utilisé et uniquement en milieu urbain en raison de sa tolérance à la pollution atmosphérique.

Ravageurs et maladies

De nombreux champignons peuvent infecter l'épicéa de Serbie et notamment ses racines, comme *Armillaria mellea* (souvent mortel) et *Rhizina undulata*. Sur les sols calcaires, *Heterobasidium annosum* peut provoquer une pourriture rouge, mais ce n'est généralement pas un problème grave. À l'intérieur et à l'extérieur de son aire de répartition naturelle, l'espèce est également attaquée par diverses espèces de scolytes (par exemple, *Ips typographus*, *Xyloterus lineatus*, *Pityogenes chalcographus* et *Dendroctonus micans*). Le grand charançon du pin (*Hylobius abietis*) est l'un des ravageurs les plus dangereux des jeunes forêts de conifères en Europe. *Liosomaphis abietina* et *Pissodes strobi* apparaissent aussi occasionnellement comme des ravageurs. Dans les zones récemment peuplées, l'espèce présente souvent un bruissement des aiguilles à l'extrémité des pousses. Ce phénomène, connu sous le nom de dépérissement «omorika», est causé par l'accumulation de chlore dans le système racinaire en raison de la présence de grandes quantités de gravats de construction dans le sol. Certaines sources mentionnent que les pucerons, les acariens, les cochenilles et les tordeuses sont également problématiques pour cette espèce.

Caractère invasif et risques

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Qualité du bois

Le bois de l'épicéa de Serbie est similaire à celui de l'épicéa de Norvège. Ce bois de qualité était autrefois très apprécié comme matériau de construction en raison de ses propriétés techniques. Il n'y a pratiquement aucune différence de couleur entre le bois de cœur et l'aubier. Le bois tardif est légèrement plus foncé - jaune ou brunâtre - que le bois initial, et les fibres du bois contiennent de nombreux canaux de résine. Dans les temps anciens et médiévaux, le *Picea omorika* était utilisé pour la production de mâts et de poutres de navires ainsi que pour la fabrication de faisselles. Aujourd'hui, il est surtout apprécié pour ses qualités esthétiques, par exemple comme arbuste décoratif ou arbres de Noël.

Gestion et prévention si invasif

Espèce non invasive.

Avis d'expert

L'épicéa de Serbie n'est pas envahissant et n'affecte pas les autres espèces. Il est menacé par des influences anthropiques et naturelles, et sa capacité de régénération extrêmement faible, associée aux changements climatiques, met en danger la survie de l'espèce. Les sécheresses estivales des dernières décennies dans son habitat naturel ont provoqué des taux de croissance négatifs. Il convient donc de promouvoir le reboisement avec *Picea omorika* en dehors de son aire de répartition naturelle, dans des endroits adaptés à sa croissance future. Des utilisations ex situ (des plantations, des expériences de descendance, etc.) devraient être établis pour préserver la diversité génétique de l'espèce. La gestion dynamique des populations de *Picea omorika* est actuellement interdite. Cependant, des études récentes ont recommandé des pratiques de gestion visant à réduire les effets de la sécheresse, par exemple en réduisant la concurrence pour les ressources en eau et en favorisant la régénération naturelle.

Picea pungens ENGELM.



Colorado spruce, blue spruce



srebrna smreka



Blaufichte, Stechfichte



Épicéa du Colorado



abete del Colorado, picea pungentee



Caractéristiques principales:

- Espèce subalpine originaire des Montagnes Rocheuses d'Amérique du Nord.
- Conifère aux aiguilles bleu-vert.
- Planté comme arbre d'ornement dans les zones urbaines, également utilisé comme arbre de Noël.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Actuellement utilisé sporadiquement dans les forêts européennes, loin de son habitat naturel dans le Colorado et l'Utah. Il est considéré comme un arbre d'ornement.

Ravageurs et maladies

En Amérique du Nord, l'épicéa du Colorado est attaqué par deux espèces d'Adelges, un insecte ressemblant à un puceron qui provoque la formation de galles. Des acariens peuvent également infester l'espèce, notamment pendant les étés secs, provoquant le jaunissement des aiguilles les plus anciennes (Gilma et al., 2011). Le dendroctone de l'épicéa (*Dendroctonus rufipennis*) creuse des galeries sous l'écorce de *Picea pungens* en Amérique du Nord mais n'est pas encore présent en Europe. Il s'attaque principalement aux arbres tombés au sol, et lorsque les larves arrivent à maturité deux ans plus tard, une épidémie majeure se produit, avec un grand nombre de coléoptères qui attaquent les arbres sur pied à proximité. L'espèce est également sensible à plusieurs maladies de la fonte des aiguilles, qui provoquent une coloration jaune, marbrée ou brune des aiguilles, puis leur chute. Diverses maladies de la rouille affectent également l'épicéa du Colorado, entraînant le jaunissement et la perte des aiguilles.

Caractère invasif et risques

Ne présente vraisemblablement pas de risque sérieux d'envahissement, car elle n'est pas connue pour être une espèce pionnière.

Qualité du bois

Picea pungens n'est pas un arbre à bois d'œuvre important dans son aire de répartition d'origine, car il n'est présent que sporadiquement et son bois est cassant, faible et léger, avec de nombreux nœuds et canaux de résine. Cet épicéa et ses nombreux cultivars sont toutefois souvent utilisés comme arbres d'ornement dans les jardins et les parcs. Il est également cultivé pour l'industrie des arbres de Noël.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive

Avis d'expert

En raison de sa grande tolérance aux pluies acides, il fait partie des espèces d'arbres non indigènes les plus fréquemment utilisées pour le reboisement des forêts d'épicéas de montagne en Europe centrale. Cependant, de nombreux arbres ont été touchés par une épidémie massive du champignon *Gemmamyces piceae*, et de nombreuses plantations infectées par le pathogène ont dû être abattues. Bien que plusieurs génotypes résistants aient été découverts, l'espèce a perdu de sa popularité auprès des forestiers et des gestionnaires de plantations d'arbres de Noël, notamment parce que de nombreux autres agents pathogènes et ravageurs affectent également sa croissance et qualité.

Picea sitchensis (BONG.) CARR.



Sitka spruce



sitka



Sitka-Fichte



Épinette de Sitka



Il peccio di Sitka



Caractéristiques principales:

- Originaire d'Amérique du Nord, où il pousse naturellement dans les zones côtières.
- Introduite en Europe au 18ème siècle.
- Les fortes précipitations et la demande de chaleur ne sont présentes qu'en climat océanique le long des côtes nord-ouest de l'Europe.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

L'épicéa de Sitka ne sera pas une option pour la sylviculture dans la région alpine, car son amplitude écologique est assez faible et son besoin de climat océanique (hivers doux et fortes précipitations) n'est pas satisfait. Si l'on considère le changement climatique et son impact sur le régime des précipitations, l'utilisation de l'épicéa de Sitka dans l'espace alpin à l'avenir semble encore moins probable. Cependant, en Europe c'est actuellement l'espèce d'arbre non indigène ayant la deuxième plus grande importance pour la sylviculture, avec des plantations en Irlande et au Royaume-Uni ainsi qu'entre autre des occurrences rares aux Pays-Bas. La gestion sylvicole devrait favoriser les peuplements mixtes afin de réduire les risques potentiels. L'épicéa de Sitka a une forte demande en lumière, et l'espace de la couronne doit donc être adapté très tôt. Cependant, il est également possible de régénérer les peuplements naturellement ou artificiellement sous couvert. La première phase d'éclaircie doit avoir lieu à une hauteur de 12 à 15 mètres, en fonction de la longueur de la couronne des arbres.

Ravageurs et maladies

Les menaces qui pèsent sur l'épicéa de Sitka dans son aire d'origine sont différentes des ravageurs et des maladies qui existent en Europe. Par rapport aux conifères indigènes, *Picea sitchensis* montre une plus grande résistance aux agents pathogènes dans les endroits présentant des propriétés géographiques et climatiques idéales. En dehors de ces zones présentant des conditions de site appropriées, l'espèce a toutefois très peu de chances de résister aux menaces biotiques et abiotiques. Dans son aire de répartition naturelle, la plus grande menace abiotique pour

l'épicéa de Sitka est le chablis. Les espèces de charançons *Pissodes strobi* et *Steremnius carinatus* causent également de sérieux dégâts en Amérique du Nord, avec des taux de mortalité élevés dans les jeunes peuplements. *Dendroctonus rufipennis*, le dendroctone de l'épicéa, est responsable du dépérissement périodique d'immenses peuplements en Amérique du Nord depuis les années 1990 et pourrait contribuer au dépérissement des peuplements affaiblis d'épicéas de Sitka s'il était introduit en Europe. Les blessures aux racines et aux tiges rendent les arbres plus sensibles aux infections par des champignons comme *Armillaria ostoyae* et *Heterobasidion annosum*. D'autres champignons pathogènes, dont *Rhizinia undulata*, *Phaeolus schweinitzii*, *Phellinus weirii* et *Cylindrocarpon destructans*, contribuent à la sensibilité des peuplements d'épicéas de Sitka aux chablis, car ils provoquent la pourriture des racines. Le puceron lanigère du douglas (*Gilletteella cooleyi*) provoque des galles sur les pousses et des chancres sur les branches. *Liosomaphis abietinum* entraîne des baisses de croissance ou, dans les cas graves, la mort de peuplements entiers. Le *Phytophthora ramorum* est une menace imminente pour l'épicéa de Sitka également, puisqu'il est apparu sur des espèces de conifères pour la première fois en 2009.

Caractère invasif et risques

Picea sitchensis n'est pas considéré comme envahissant dans la plupart des pays européens et ne présente généralement aucun danger pour les écosystèmes naturels. Son caractère invasif est limité à une très petite zone le long des landes côtières de Norvège présentant des conditions climatiques spécifiques. Dans cette zone, elle a modifié les conditions microclimatiques et la composition des espèces du sol forestier, menaçant un paysage à haute valeur de conservation. Depuis 2012, l'espèce est inscrite sur une liste noire en Norvège par mesure de précaution. En Irlande, où l'épicéa de Sitka est utilisé depuis longtemps à des fins sylvicoles et représente 60 % de toutes les plantations, il n'est pas considéré comme une espèce envahissante.

Qualité du bois

Le bois de l'épicéa de Sitka est de couleur blanche à jaune, sans frontière apparente entre le bois de cœur et l'aubier. Il a une texture fine et un grain régulier et droit. Ce bois est très apprécié par l'industrie du papier. La combinaison de ses bonnes propriétés mécaniques et de son faible poids le rend également approprié pour une utilisation comme bois de construction. Il est également employé dans la construction de meubles et de bateaux, de pales d'éoliennes et d'instruments de musique. En général, le bois de *Picea sitchensis* est bon marché et facilement accessible sur le marché.

Gestion et prévention si invasif

Création de zones tampons: Il est recommandé de ne pas créer de nouvelles plantations d'épicéas de Sitka à moins de 200 mètres des zones protégées. Ceci s'applique particulièrement aux entreprises forestières situées dans les zones côtières. Une mesure importante pour réduire la susceptibilité des landes côtières à l'invasion de l'épicéa de Sitka est la prévention des incendies, car le charbon de bois créé lors de ces événements absorbe les phytotoxines produites par les espèces de landes et prépare le sol pour la régénération de *Picea sitchensis*. Sur la plupart des sites où l'épicéa de Sitka est présent, il ne montre qu'un pouvoir invasif minime, ce qui ne nécessite aucune mesure particulière. Les stratégies de suppression peuvent être appliquées lors des actions pour favoriser la régénération naturelle ou lors de la première éclaircie.

Avis d'expert

L'épicéa de Sitka est une espèce clé en Irlande, dominant 60% des plantations du pays. Il s'agit d'une espèce très polyvalente qui pousse sur une grande variété de sols et dans des conditions climatiques différentes. De nombreuses provenances de l'ouest de l'Amérique du Nord sont disponibles pour s'adapter à la plupart des conditions, et l'espèce peut présenter une forte régénération naturelle dans les zones où le sol et les conditions climatiques sont favorables. Le caractère invasif limité de *Picea sitchensis* n'est pas considéré comme un problème aux Pays-Bas. L'expérience néerlandaise montre que si l'épicéa de Sitka pousse très vite, dépassant parfois l'épicéa de Norvège, il n'est pas un arbre très attrayant par ailleurs. Il n'est plus planté mais peut être maintenu dans la régénération s'il est présent; en général d'autres espèces telles que le sapin de Douglas, le hêtre ou même le pin sylvestre sont préférées. La gestion sylvicole est en grande partie la même que pour les peuplements d'épicéa de Norvège, mais comme les forêts de production en monoculture équiennes deviennent rares aux Pays-Bas, cela n'est plus très pertinent. Il reste en fait très peu d'épicéa de Sitka aux Pays-Bas, uniquement dans de petits peuplements ou mélanges accidentels. Dans l'inventaire forestier national de 2014, l'espèce a été enregistrée comme étant présente sur seulement 7 des 3 000 parcelles.

Pinus strobus L.



Eastern white pine, Weymouth pine



gladki bor, zeleni bor



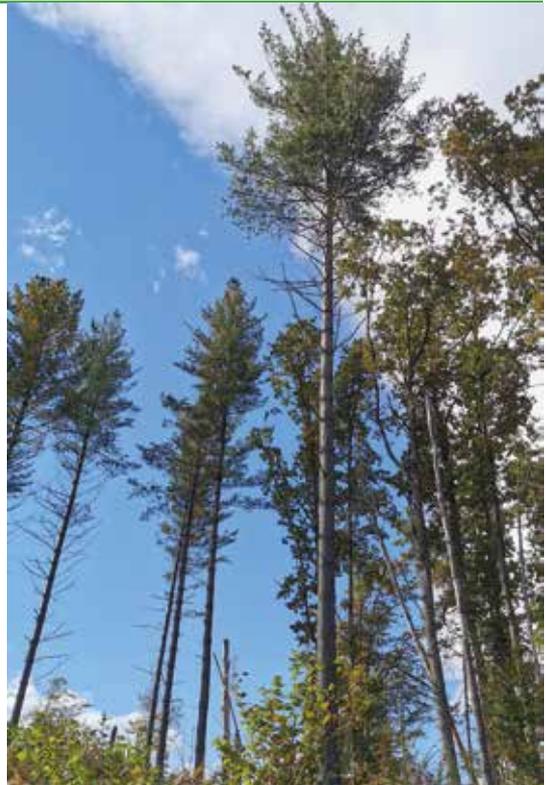
Weymouth-Kiefer, Strobe



Pin Weymouth, pin du lord, pin blanc



Pino strobo, pino di Lord Weymouth



Caractéristiques principales:

- Très grand conifère originaire d'Amérique du Nord.
- Cinq aiguilles à trois côtés et des cônes cylindriques gris-brun de 8-20 cm de long.
- L'une des espèces les plus importantes sur le plan économique et d'un grand intérêt pour la sylviculture; également planté comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins.
- Largement planté en Europe, puis abandonné en raison de la rouille vésiculeuse au cours du XXe siècle.



Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Le potentiel de croissance du pin blanc et d'autres caractéristiques sylvicoles ont justifié son introduction précoce et sa propagation temporaire dans plusieurs pays européens. Cependant, la rouille vésiculeuse était et reste le principal facteur limitant l'introduction et la propagation de l'espèce. La régénération naturelle a été observée jusqu'à deux générations lorsque la rouille vésiculeuse est absente, comme dans certaines régions de Suisse et d'Allemagne, et lorsque *Pinus strobus* est mélangé à *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* et certains épicéas communs.

Ravageurs et maladies

Au total, 277 insectes et 110 organismes pathogènes sont connus pour s'attaquer au pin de Weymouth, bien que seuls 16 insectes et 7 maladies causent suffisamment de dommages ou de mortalité pour être préoccupants. Les trois plus importants sont le charançon du pin blanc (*Pissodes strobi*), la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) et *Armillaria mellea*. La rouille vésiculeuse est très virulente sur l'ensemble de l'aire de répartition du pin blanc, et les arbres y sont sensibles du stade du semis à celui adulte. La maladie peut causer des pertes élevées tant dans la régénération que dans les peuplements juvéniles. Elle peut être contrôlée par la sélection et l'amélioration génétique. Cependant, les méthodes de protection sylvicoles typiques doivent également être appliquées: coupe à blanc des groseilliers (source d'infection) à proximité des nouvelles plantations, évitement des peuplements purs de pins blancs sur de grandes surfaces, et introduction simultanée d'arbustes de sous étages, dont les couronnes ont la capacité de limiter la migration des spores de rouille vésiculeuse.

Caractère invasif et risques

Pinus strobus est considéré comme une espèce envahissante, entre autre, en République tchèque, en Allemagne et en Hongrie. Il a été planté à grande échelle, mais les invasions sont rarement signalées. En République tchèque, l'espèce est actuellement très envahissante dans plusieurs zones principalement gréseuses, mais non envahissante dans la plupart des autres endroits. Elle est maintenant une composante non seulement des forêts mixtes plantées mais aussi d'autres forêts, et on la trouve aussi dans des sites rocheux à végétation éparse. En Europe centrale, de nombreuses zones de grès sont protégées en raison de leur environnement unique, et la régénération à grande échelle de toute espèce d'arbre exotique dans ces zones est donc un grave problème de conservation. Les graines de *Pinus strobus* peuvent se disperser jusqu'à 750 m de leur source.

Qualité du bois

Traditionnellement, le tronc de l'arbre était utilisé pour les mâts des navires. Le bois précieux est à grain fin et contient peu de résine, ce qui le rend très approprié pour la construction et l'ameublement. Le bois de pin de Weymouth a une résistance moyenne, se travaille et se teinte facilement. Il est utilisé pour les portes, les moulures, les garnitures, les bardages, les lambris, les meubles, les allumettes et de nombreux autres articles.

Gestion et prévention si invasif

Il n'y a pas d'information sur la gestion à grande échelle dans les pays européens. Cependant, une surveillance étroite devrait être effectuée pour identifier les populations invasives et les contrôler à un stade précoce.

Avis d'expert

Le pin blanc est souvent classé comme une espèce d'arbre invasive et ne devrait donc être utilisé que dans des forêts avec une faible naturalité. Il offre de bien meilleures performances de croissance que le pin sylvestre et produit un bois polyvalent qui peut être utilisé pour les fenêtres, les cadres de porte, la construction de navires et de bateaux, la pâte à papier et la cellulose.

Pinus wallichiana A.B. JACKS.



Bhutan Pine, Himalayan white pine



Himalajski bor



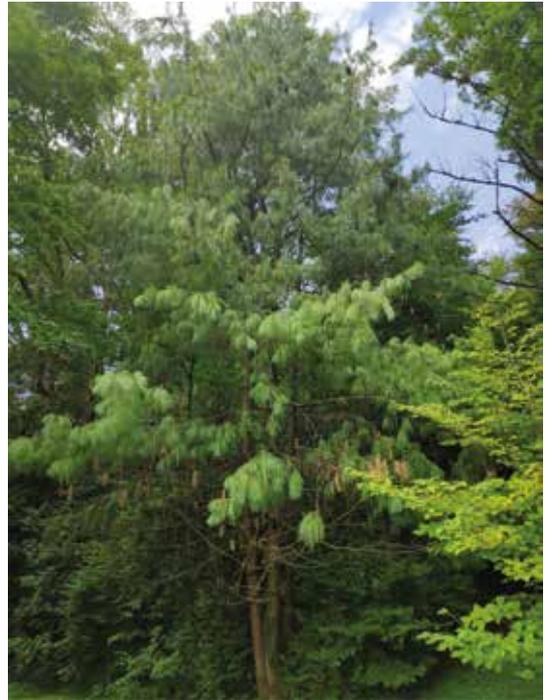
Tranenkiefer



pin de l'Himalaya



pino dell'Imalaia



Caractéristiques principales:

- Originaire des régions montagneuses de l'Afghanistan, du Pakistan, de l'Inde, du Népal, du Bhoutan, du Tibet, de la Chine et de la Birmanie.
- S'étend sur une plage altitudinale comprise entre 1 500 et 3 800 m dans son aire de répartition naturelle.
- Aiguilles bleu-gris de 12 à 18 cm de long en fascicules de cinq.
- Arbre à croissance rapide important pour la production de bois.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Actuellement, il n'est utilisé que sporadiquement dans les forêts européennes, loin de son habitat naturel dans les régions montagneuses d'Asie, car il est principalement considéré comme un arbre d'ornement.

Ravageurs et maladies

La maladie de la brûlure des aiguilles est un problème dans l'aire d'origine du pin blanc de l'Himalaya. La température, l'humidité relative, la vitesse du vent et les précipitations influencent l'expression de la maladie. Une température et une vitesse du vent favorables constituant des paramètres particulièrement importants pour le développement de la brûlure des aiguilles. Le pin blanc de l'Himalaya est également sensible à *Armillaria mellea*, qui attaque les racines et entraîne leur pourrissement, provoquant la mort des arbres.

Caractère invasif et risques

Aucun caractère envahissant n'a été documenté, et le potentiel semble faible car l'espèce pousse dans un sol frais et profond et ne tolère pas la sécheresse et la chaleur. Elle préfère un climat humide et les endroits abrités. Il est facile de la contrôler car elle ne germe pas.

Qualité du bois

Le pin de l'Himalaya est un arbre d'intérêt économique important dans de nombreuses régions de l'Himalaya. Son bois est similaire en qualité et en propriétés à celui de *Pinus strobus* d'Amérique du Nord. Les arbres hauts et droits produisent un bois à grain droit et de bonne résistance. Le bois est modérément dur, durable et très résineux. Il est utilisé pour la construction, la charpenterie et la menuiserie, les panneaux muraux, les placages, les meubles, les clôtures et les portails, la caisserie, et les traverses de chemin de fer. En Inde, sa résine est utilisée pour la marine, et le miellat sécrété par les pucerons est collecté par les habitants pour être consommé. Le bois de *Pinus wallichiana* peut également être utilisé comme bois de chauffage bien qu'il dégage une fumée résineuse âcre et constitue une source commerciale de térébenthine.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive

Avis d'expert

Il est difficile d'évaluer les avantages que cette espèce pourrait apporter par rapport aux espèces indigènes de pins alpins, qui sont probablement plus résistantes à la sécheresse.

Populus × canadensis MOENCH



Canadian poplar



kanadski topol



Kanadische Pappel



Peuplier du canada



pioppo canadese



Caractéristiques principales:

- Hybride obtenu par croisement entre *Populus nigra* (zone alpine) et *Populus deltoides* (Amérique du Nord).
- Bois utilisé dans l'industrie du bois (contreplaqué, emballages légers) et pour le sciage.

Gestion et utilisation dans les forêts de l'espace alpin

Populus × canadensis n'est pas un arbre forestier. Il est principalement cultivé pour produire du bois dans des plantations fréquemment situées dans des zones ouvertes dans les vallées. On peut le rencontrer occasionnellement en montagne dans certaines conditions de sol (profondeur, humidité) et à basse altitude. L'espèce est rarement présente dans la région alpine, et principalement présente lorsqu'elle est plantée par l'homme dans les vallées ou le long des rivières. Des cultivars robustes, résistants aux pathogènes et capables de s'adapter à différentes situations climatiques ont été obtenus par manipulation génétique. Le peuplier canadien est cultivé dans toute la zone tempérée - plus fréquemment dans les régions de l'est et du nord-est et, dans une moindre mesure, dans les régions du sud.

Ravageurs et maladies

La sensibilité du peuplier canadien aux ravageurs et aux pathogènes varie selon le cultivar employé: Il peut être affecté par les pucerons (pucerons lanigères: *Phloemyzus passerinii*) ainsi que par les maladies fongiques et bactériennes (*Melampsora*, *Marssonina brunnea*, *Xanthomonas populi*). En cas de stress, le parasite *Dothichiza (Discoporium populeum)* peut également apparaître. Les peupliers situés sur des sites appropriés et gérés selon les recommandations forestières seront moins vulnérables aux parasites et aux maladies.

Caractère invasif et risques

Non considéré comme une espèce envahissante. Néanmoins, elle peut exceptionnellement se croiser spontanément avec *Populus nigra*. Dans ce cas, il existe un risque d'introgession en raison de la proximité génétique avec *Populus nigra*, l'espèce d'origine.

Qualité du bois

Le bois de peuplier canadien est utilisé par l'industrie du bois (contreplaqué, emballages légers) et pour le sciage. Dans certaines conditions d'absence d'humidité, le bois peut être très résistant et être utilisé dans la construction (bois d'œuvre). Sinon, il est employé pour produire des panneaux de bois ou du papier. Grâce à sa croissance rapide, l'essence fournit une grande quantité de bois sur des surfaces relativement réduites (environ 210 000 ha) en France, où elle est la deuxième essence feuillue exploitée pour le bois d'œuvre, après le chêne et avant le hêtre.

Gestion et prévention si invasif

Cette espèce est actuellement considérée comme non invasive.

Avis d'expert

Populus × canadensis est une plante cultivée pour sa biomasse verte. Il a besoin d'un sol profond et frais ou humide, n'est pas adapté aux zones montagneuses et souffre rapidement de la sécheresse. C'est une espèce relativement commune dans les champs et les vallées françaises, où elle est surtout cultivée pour le bois. Elle pourrait être intéressante pour la phytoremédiation.

