



Interreg



Alpine Space

ALPTREES

European Regional Development Fund

Gestion des espèces d'arbres non-indigènes dans les zones urbaines de l'espace alpin

ALPTREES

Aleksander Marinšek,
Anja Bindewald,
Florian Kraxner,
Nicola La Porta,
Petra Meisel,
Srđjan Stojnić,
Claudia Cocozza,
Katharina Lapin

GESTION DES ESPÈCES D'ARBRES NON-INDIGÈNES DANS LES ZONES URBAINES DE L'ESPACE ALPIN

ISBN 978-3-903258-56-3

Publié by: BFW Vienna/Austria

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

Auteurs des textes: Ajša Alagić, Aleksander Marinšek,
Ana Dolenc, Andrey Krasovskiy, Anica Simčič, Anja Bindewald,
Anja Müller-Meißner, Bénédicte Baxerres, Claudia Cocozza,
Debojyoti Chakraborty, Dmitry Schepaschenko, Eric Mermin,
Erna Vaštag, Florian Kraxner, Frédéric Berger, Gala Carannante,
Giovanna Ulrici, Isabel Georges, Janez Kermavnar, Janine Oettel,
Katharina Abler, Katharina Lapin, Kristina Wirth, Lado Kutnar,
Martin Braun, Martin Steinkellner, Nicola Laporta, Olaf Schmidt,
Olga Paris, Patricia Detry, Quentin Guillory, Simon Zidar,
Srdjan Stojnić, Sylvain Bouquet, Tina Gerstenberg, Tina Trampuš,
Živa Bobič Červek

Photographies: Aleksander Marinšek, Anja Bindewald,
Isabel Georges, Lado Kutnar, Robert Brus, Ali Kavgaçi,
S. De Danieli, Paolo Varese, Živa Bobič Červek, Matt Lavine,
Matjaž Mastnak

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., Stojnić, S., Cocozza, C., Lapin, K., 2022. Gestion des
espèces d'arbres non indigènes dans les zones urbaines de l'espace
alpin, 157 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 coopéra-
tion 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 cofinance-
ment national public et privé dans les États
partenaires.

Interreg
Alpine Space
ALPTREES

European Regional Development Fund



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS I	5
DE LA STRATEGIE AUX ARBRES	5
AVANT-PROPOS II	8
REMERCIEMENTS	14
IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ARBRES URBAINS	15
RESISTANCE A LA SECHERESSE DES ARBRES NON INDIGENES	25
ARBRES INVASIFS DANS LES ZONES URBAINES	33
SANTE DES ARBRES ET BIEN ETRE HUMAIN A TRENTE (IT)	39
RECOMMANDATIONS POUR L'AMENAGEMENT DU PAYSAGE URBAIN	47
NOISETIER DE BYSANCE (<i>Corylus colurna</i>) – UN ARBRE DES VILLES ADAPTE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	55
REX I: ARBRES NON-INDIGENES A TRENTE ..	61
REX II: OPTIMISER L'AVENIR DE LA FORET URBAINE A KLAGENFURT	67
REX III: GESTION DES ARBRES A MARIBOR	73
REX IV: PERCEPTION DU DOUGLAS PAR LES VISITEURS A FREIBURG	77
REX V: DISSEMINATION NATURELLE DES ARBRES NON INDIGENES DES PARCS URBAINS AUX FORETS GEREES PREDDVOR	83

UNE SELECTION D'ARBRES NON- INDIGÈNES DES ZONES URBAINES DE L'ESPACE ALPIN

<i>Abies bornmuelleriana</i> Mattf.	90
<i>Abies cephalonica</i> Loudon	92
<i>Acer negundo</i> L.	94
<i>Acer saccharinum</i> L.	96
<i>Acer tataricum</i> L.	98
<i>Aesculus x carnea</i>	100
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	102
<i>Alnus cordata</i> (Loisel.) Duby	104
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Hér. ex Vent.	106
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	108
<i>Catalpa ovata</i> G. Don	110
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb. ex D. Don) G. Don	112
<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	114
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray bis) Parl.	116
<i>Corylus colurna</i> L.	118
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	120
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	122
<i>Ginkgo biloba</i> L.	124
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	126
<i>Juglans nigra</i> L.	128
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	130
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	132
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	134
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	136
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	138
<i>Magnolia x soulangeana</i>	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>Platanus acerifolia</i> (Aiton) Willd.	154
<i>Populus</i> × <i>canadensis</i> Moench	156
<i>Prunus cerasifera</i> L.	158
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	160
<i>Prunus serrulata</i> Lindl.	162
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco.	164
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	166
<i>Quercus rubra</i> L.	168
<i>Quercus suber</i> L.	170
<i>Rhus typhina</i> L.	172
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	174
<i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott	176
<i>Thuja occidentalis</i> L.	178
<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carrière.	180
<i>Ulmus pumila</i> L.	182

AVANT-PROPOS I

DE LA STRATEGIE AUX ARBRES

Tina TRAMPUŠ

Notre monde et la dynamique de notre planète sont de plus en plus imprévisibles. Pourtant, dans notre réalité, nous élaborons de plus en plus de plans et de stratégies, tentant de tracer notre avenir. Il est certes important de discuter de ces plans, mais les vivons-nous vraiment ?

Dans le cadre de la Stratégie européenne pour la région alpine (EUSALP), le groupe d'action 7 se concentre sur le développement de la connectivité écologique et de l'infrastructure verte dans la région alpine. La connectivité écologique est la qualité souhaitée de nos espaces ouverts, et la plupart des parties prenantes sont d'accord sur ce point - au moins au niveau stratégique. Au niveau de la mise en œuvre, une meilleure compréhension du sujet ainsi que de la question des espèces végétales envahissantes semble encore nécessaire. Pour le dire simplement : la propagation (rapide) des espèces exotiques est le problème le plus urgent, et la connectivité écologique peut l'exacerber. Par conséquent, lorsque nous en savons suffisamment sur la biologie des espèces, il est utile de faire des allers-retours entre le niveau stratégique et le niveau pratique sur le terrain pour déterminer si la mise en œuvre d'un objectif stratégique conduit effectivement à l'avenir souhaité.

Alors, comment gérer les invasions ? Comment gérer les sources existantes ou potentielles de "contamination" ? Le défi est encore plus grand dans le monde réel, où il existe des règles sur le libre-échange et les droits des consommateurs, ainsi que des désirs de disponibilité immédiate de biens et de services nouveaux, excitants, exotiques, etc. La situation dans les villes est plus spécifique et peut-être plus contrôlable, notamment lorsqu'il s'agit d'un nombre limité de plantes invasives poussant dans des espaces verts définis, où la propagation est presque impossible (ou rendue impossible par la gestion). Mais même ici, le diable est dans les détails, et nous devons être conscients



du risque potentiel de dispersion le long des couloirs d'eau et par les oiseaux. Est-il même possible d'assurer la connectivité écologique pour les espèces souhaitées (petits mammifères, insectes, poissons, etc.) tout en maintenant un contrôle total sur les espèces envahissantes ?

Comprendre à la fois les grands objectifs stratégiques et les objectifs locaux concrets fait également apparaître les différences entre les deux. En termes de stratégies, nous parlons de processus lents et à long terme. Mais la réalité des espèces envahissantes concerne des développements rapides et à court terme - en d'autres termes, c'est exactement le contraire. Une différence de valeurs devient également reconnaissable : de nombreuses espèces exotiques ont été introduites en Europe parce qu'elles répondaient à nos désirs (mais pas nécessairement à nos besoins) en étant spéciales et à croissance rapide. Elles nous ont permis de profiter de grands et magnifiques arbres dans le temps limité de nos vies - ou d'avoir des forêts qui produisent plus de bois, des arbres aux couleurs plus belles, plus de fleurs pour que les abeilles produisent du miel, etc. On ne savait pas grand-chose du caractère envahissant de ces plantes il y a plusieurs siècles ou même quelques décennies - et même si on l'avait su, est-ce que quelqu'un s'en serait soucié ? Si l'on met de côté la question de la propagation actuelle des espèces envahissantes et que l'on se concentre sur leurs sources, la question est toujours d'actualité : sommes-nous prêts à nous en tenir aux espèces indigènes que la nature nous a fournies dans un endroit donné et à planter des arbres (à croissance lente) dont la splendeur ne sera appréciée que par les générations futures ? Sommes-nous prêts à modifier les conditions dans les zones urbaines (moins de trafic, moins de béton, moins de sel, etc.) pour qu'elles restent habitables pour les espèces indigènes ? Quelles valeurs avons-nous l'intention de défendre ? Quel est notre avenir souhaité et notre "stratégie de survie" ?

La planification à long terme doit toujours aller de pair avec des contrôles réguliers de la réalité sur le terrain. Inversement, au niveau local, nous devons souvent élargir notre champ d'action et évaluer comment nos activités s'inscrivent dans une pers-

pective plus large et dans l'avenir commun que nous souhaitons. En paraphrasant la célèbre citation de Dwight D. Eisenhower selon laquelle "les stratégies sont inutiles, mais la pensée stratégique est tout", nous pouvons peut-être convenir qu'il est important d'avoir une vision tout en restant ancré dans la réalité. Et la réalité est que notre planète nous offre continuellement des défis imprévisibles et de nouvelles opportunités pour la coexistence de tous les êtres vivants.



AVANT-PROPOS II

Aleksander MARINŠEK, Katharina LAPIN

En 2021, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié un rapport dans lequel les scientifiques affirment notamment que la température atmosphérique moyenne mondiale vers 2030 sera supérieure de 1,5 degré Celsius à celle de l'époque préindustrielle. Les projections ou scénarios du GIEC sont basés sur des modèles et sur les tendances futures de la société. Ainsi, le scénario le plus optimiste prévoit actuellement un réchauffement d'un peu moins de deux degrés Celsius d'ici la fin du siècle - l'avertissement le plus sérieux adressé au monde à ce jour.

Il est fort possible que nous ayons déjà franchi un seuil où des changements soudains pourraient survenir dans un délai très court. Quant à l'impact des changements prévus sur l'espace alpin, nous pouvons déjà anticiper ce à quoi il faut s'attendre. Les vagues de chaleur, par exemple, affecteront tout ce qui vit dans l'espace alpin - et nous, les humains, non seulement directement, mais aussi en termes d'agriculture, de sylviculture, de santé, de tourisme et de bien-être général. Il y aura plus d'inondations, de sécheresses et d'hivers verts. Selon les climatologues, les sécheresses récurrentes, en particulier, constitueront un problème relativement nouveau dans les régions alpines, et nous sommes loin d'y être préparés.

Que pouvons-nous faire ? Tout d'abord, nous devons mettre fin à notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles et réduire notre empreinte carbone. La deuxième étape, qui doit nécessairement être aussi radicale, consiste à s'adapter à ce que nous avons déjà et à ce que nous pouvons attendre - dans tous les aspects de notre vie, y compris la vie urbaine.

Vivre en ville est évidemment très confortable, car tous les types de biens et de services sont à notre disposition. L'un des luxes peut-être les plus sous-estimés à cet égard est l'infrastructure verte dans les villes et autres zones

urbaines. Cette infrastructure verte comprend tout ce qui va des parcs, jardins privés et arbres bordant les routes aux toits et murs verts - essentiellement, tout ce qui contribue à absorber, retarder et traiter les eaux de pluie, atténuant ainsi les inondations et la pollution en aval. En même temps, l'infrastructure verte offre une valeur esthétique importante, et elle absorbe également le dioxyde de carbone, contribuant ainsi à réduire notre empreinte carbone. Un seul grand arbre en bonne santé peut éliminer plus de 150 kg de dioxyde de carbone de l'atmosphère chaque année. Enfin, la verdure augmente la valeur des propriétés, notamment à proximité immédiate des parcs et autres espaces verts.

Les zones urbanisées agissent comme des îlots de chaleur et connaissent des températures plus élevées que leur environnement. Les structures artificielles, notamment les bâtiments et les routes, absorbent et réémettent la chaleur du soleil plus que les paysages naturels tels que les forêts et les plans d'eau. C'est pourquoi les arbres et les forêts urbaines sont essentiels dans les zones bâties : Ils fournissent de nombreux services écosystémiques et rendent notre vie plus facile et plus agréable. En outre, ils peuvent contribuer à diminuer la consommation d'énergie et à réduire les coûts énergétiques liés au chauffage et à la climatisation : les arbres implantés autour des habitations pour ombrager les fenêtres permettent de réaliser d'importantes économies d'énergie. Ils fournissent également un refroidissement par évaporation grâce à leurs feuilles, ce qui augmente l'humidité de l'air. Les zones ombragées sont plus fraîches, et l'évapotranspiration peut faire baisser les températures de pointe en été de deux à neuf degrés. Et dans les villes qui connaissent d'importants problèmes d'inondation, les arbres peuvent atténuer ce risque puisqu'ils interceptent environ un tiers des précipitations qui les touchent. Les arbres urbains réduisent également les particules de moins de 10 micromètres de diamètre (PM 10) de 0,1 kg par arbre et par an, ainsi que l'ozone et le dioxyde de soufre. Tous ces services écosystémiques pourraient être améliorés en augmentant la densité des arbres. Il est évident que les

arbres sont et seront essentiels à l'avenir pour faire face et s'adapter aux difficiles changements climatiques.

Du point de vue de la gestion des arbres, il est très important que chaque ville ait sa propre stratégie et son propre plan d'infrastructure verte à mettre en œuvre.

L'évolution des facteurs climatiques - et notamment l'apparition de sécheresses - affectera considérablement les habitats des arbres dans les villes. Pour la plupart des espèces d'arbres, l'environnement urbain représente déjà un habitat extrême avec un espace de croissance limité, un sol peu profond, une carence en nutriments, des températures plus élevées du sol et de l'air, et la présence de sel et de polluants. Les arbres sont également souvent exposés à diverses formes de dommages mécaniques dans les environnements urbains. Par conséquent, les arbres urbains doivent être sélectionnés en fonction de leur pérennité et de leur résilience, de leur caractère, de leur mode de croissance et de leur valeur esthétique. Les forêts urbaines doivent présenter une diversité d'espèces et éviter les monocultures, qui sont moins résistantes aux parasites et aux autres facteurs environnementaux susceptibles d'endommager ou de tuer les arbres.

De nombreux arbres indigènes de la région alpine, tels que *Fraxinus ornus*, *Acer campestre* et d'autres, se sont avérés très adaptés aux conditions environnementales difficiles des villes. Cependant, les villes ont toujours été des lieux où une grande variété d'arbres indigènes et non indigènes ont été plantés. Au cours du projet ALPTREES, nous avons trouvé plus de 520 arbres non indigènes poussant dans l'espace alpin, principalement dans les zones urbaines. Cela ne changera probablement pas l'avenir, et notre tâche la plus urgente est donc d'identifier quelles espèces d'arbres sont (encore) adaptées à une utilisation et une gestion durables et responsables dans les zones urbaines. Les arbres non indigènes peuvent faire partie de la solution pour s'adapter aux conditions climatiques changeantes, et l'objectif de ce manuel est d'offrir des informations et une assistance pour faire les bons choix.



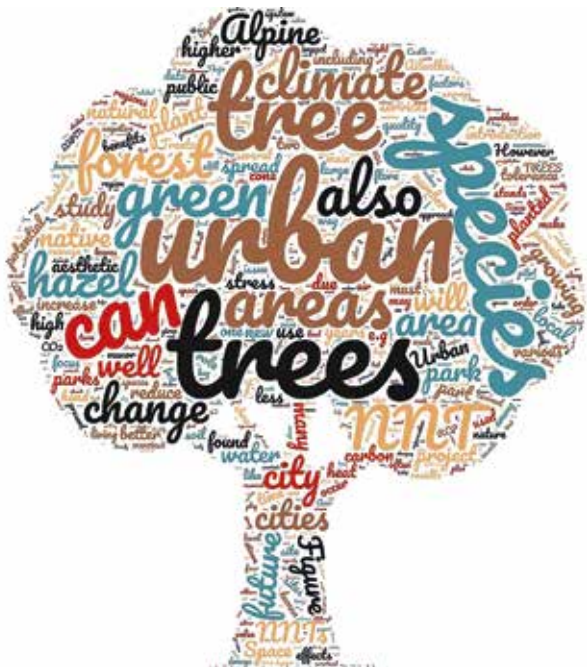
Figure 1: The Alpine space (approximately 450,000 km²) consists of 48 regions and is home to around 70 million inhabitants.



REMERCIEMENTS

Nous tenons 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 et Eric Paillassa.

L'élaboration de ce manuel a eu lieu dans le cadre du projet ALPTREES, une coopération transnationale pour l'utilisation et la gestion durables des arbres non indigènes dans les zones urbaines, périurbaines et les forêts de la région alpine, cofinancé par le programme Espace alpin le 01 /10/2019. Le programme Espace alpin est financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) ainsi que par des cofinancements nationaux publics et privés dans les États partenaires (coûts éligibles totaux : 2 348 664 EUR t subvention FEDER : 1 996 364 EUR).



IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ARBRES URBAINS

*Martin BRAUN, Katharina LAPIN,
Dmitry SCHEPASCHENKO, Andrey KRASOVSKIY,
Florian KRAXNER*

Les projections montrent que le changement climatique aura un impact considérable sur les arbres dans les zones urbaines en modifiant la fréquence, l'intensité, la durée et le moment des précipitations, les épisodes de sécheresse, les invasions d'espèces non indigènes, les épidémies d'insectes et d'agents pathogènes, les dommages causés par le vent et la glace et les glissements de terrain.^[1] On pense que les arbres ont une capacité d'adaptation limitée pour répondre aux températures extrêmes et aux changements climatiques et environnementaux rapides.^[2] En outre, on s'attend à ce que le changement climatique soit l'une des principales causes futures de la perte de biodiversité dans le monde,^[3] et des projets de recherche suivront l'extinction d'espèces de nombreux taxons.^[4] Il est désormais largement admis que le changement climatique est un problème 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 dioxyde de carbone.^[5]

Les conditions environnementales sont généralement plus difficiles pour les arbres dans les villes que dans les forêts ^[6] en raison de conditions microclimatiques différentes, d'une plus grande chaleur, de la pollution et de la contamination par le sel, de la mauvaise qualité des sols et de l'accès limité à l'eau. Les arbres sont souvent sélectionnés en fonction de leur adaptabilité à ces conditions.^[7] Le microclimat urbain se caractérise par une température de l'air ambiant plus élevée (effet d'îlot de chaleur), une humidité relative plus faible, une vitesse du vent réduite et des niveaux de pollution plus élevés.

^[7] Les arbres urbains jouent un rôle important dans l'atté-

nuation des impacts du changement climatique grâce à une variété de services écosystémiques tels que la régulation de la température de l'air ^[8] et la production et le contrôle de l'humidité de l'air ^[9] ainsi que des avantages récréatifs, sociaux et esthétiques.^[10] Dans les villes, l'adaptation aux conditions futures est cruciale pour assurer des conditions de vie saines aux habitants.^[11] Cela peut être réalisé avec des infrastructures vertes urbaines telles que des parcs, des espaces verts, des jardins, des toits et des murs verts et de la végétation en bordure de route.^{[11],[12],[13],[14]} Plus précisément, la végétation peut améliorer le microclimat urbain en diminuant l'effet d'îlot de chaleur urbain et en réduisant la pollution de l'air.^{[12],[14],[15]} Les arbres dans les villes peuvent également réduire le CO₂ atmosphérique, améliorer la qualité de l'eau, réduire l'érosion, atténuer la canalisation des vents, augmenter la biodiversité (en particulier dans les parcs et les espaces verts)^{[12],[16],[17],[18],[19]} et agir comme tampons lors de fortes précipitations.^[15]

Exigences en matière d'adaptation des arbres urbains

Les arbres non indigènes sont parfois considérés comme faisant partie d'une solution pour adapter les espaces verts urbains aux conditions climatiques futures. La modélisation de l'enveloppe bioclimatique^{[20],[21]} peut contribuer à fournir une première évaluation de la viabilité des arbres non indigènes dans des circonstances climatiques futures. 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 être pris en compte de manière adéquate^{[20],[21],[22]}, tout comme le fait que la plupart des arbres présents dans les espaces verts urbains ne sont pas des espèces naturellement présentes dans la région.

On pense que les arbres urbains sont plus vulnérables au changement climatique en raison de leur environnement climatique plus extrême, ce qui nécessite des mesures d'adaptation en matière de sélection des arbres. Cela fait de plus en plus des arbres non indigènes des candidats potentiels pour les applications urbaines à l'avenir. En général, on considère

que la variabilité climatique a des effets plus graves sur les arbres que des changements constants mais faibles^[2].

Le paramètre le plus critique pour les arbres urbains semble être la tolérance à la sécheresse. Selon les conditions du site, la tolérance à l'engorgement et à l'ombre peut également être importante. Une tolérance élevée à l'un de ces paramètres tend généralement à être corrélée à une tolérance moindre à au moins l'un des autres critères.^[23]

Selon l'emplacement, une plus grande uniformité des arbres peut être souhaitable (par exemple, pour les rues ou les boulevards), tandis qu'un objectif écologique peut nécessiter la sélection d'espèces non traditionnelles pour promouvoir un niveau plus élevé de biodiversité.^[24] Selon Brune^[7], il est également important de tenir compte de la forme et de la taille des couronnes, des taux de croissance et de la durée de vie potentielle. Une plus grande diversité peut rendre les arbres urbains en tant que groupe plus résistants aux parasites que des arbres clonés uniformes.

Les plantes non indigènes à croissance rapide peuvent avoir des tissus moins denses et donc croître et incorporer du carbone dans leurs tissus plus rapidement que les plantes indigènes. Mais elles se décomposent aussi plus rapidement, accélérant le cycle du carbone et libérant le carbone dans l'atmosphère beaucoup plus rapidement. D'autre part, une décomposition plus rapide peut accroître la biodiversité en augmentant l'abondance d'insectes herbivores et de micro-organismes du sol se nourrissant de tissus végétaux vivants et en décomposition^[25].

Contrairement à l'introduction d'arbres non indigènes dans les écosystèmes forestiers, où la prudence est de mise en raison des effets négatifs potentiels à long terme sur le cycle du carbone et des nutriments ainsi que sur les espèces établies dans l'espace alpin, l'introduction dans les espaces urbains semble moins critique en raison de la longue histoire de la sélection et de l'utilisation d'arbres non indigènes dans les zones urbaines.

Selon Brune^[7], une grande diversité génétique et une plasticité phénotypique sont des caractéristiques souhaitables pour les arbres urbains afin d'augmenter la résilience aux conditions climatiques futures. Les arbres non indigènes

destinés à un usage urbain doivent être sélectionnés spécifiquement pour les conditions locales, comme les espèces des régions semi-arides pour les conditions sèches ou les espèces tolérantes à l'ombre pour les zones où se trouvent de hauts bâtiments.^{[26],[27]} Il est essentiel d'observer l'adaptation au site des arbres non indigènes^[28] ainsi que leur effet sur leur nouvel habitat^[29]. En résumé, les étapes suivantes sont nécessaires pour gérer les arbres dans l'environnement urbain ^[7].

- Sélection d'espèces appropriées aux conditions climatiques actuelles et futures
- évaluation complète du site
- Amélioration des conditions du site pour garantir une implantation réussie des arbres
- utilisation de semis de provenance et de qualité appropriées
- Stratégie à long terme pour une planification et une gestion adéquates

Approche de modélisation proposée par ALPTREES pour l'adéquation des essences d'arbres dans les zones urbaines

Des modèles informatiques sont utilisés pour simuler la croissance de différentes espèces d'arbres en termes de qualité et de quantité. Ces modèles sont généralement des outils flexibles, rapides et peu coûteux pour déterminer les options de gestion des arbres, par rapport aux études sur le terrain ou en laboratoire. Les modèles peuvent également être utilisés pour examiner des hypothèses scientifiques concernant les causes et les effets, ainsi que pour déterminer les liens entre la croissance des arbres et une grande variété de paramètres, notamment les ressources en eau, les conditions du sol et la température. Ces modèles varient généralement en termes de cadre conceptuel, d'exigences d'entrée, d'objectifs prédictifs, d'algorithmes mathématiques, d'applications, de soutien aux utilisateurs et d'investissement requis de la part de ces derniers^[30].

Entre autres choses, l'application de la modélisation des arbres aux zones urbaines au fil du temps est utile pour sélectionner les espèces appropriées pour les sites de plantation disponibles, anticiper les coûts futurs d'entretien et d'enlèvement des arbres, et quantifier les divers avantages

fournis par les arbres. Les différents types de villes nécessitent généralement le développement de modèles de croissance des arbres adaptés, basés sur des régions climatiques comparables, afin de comprendre le degré de variabilité pour la même espèce dans différentes villes (cf. [31]).

Une approche spécifique proposée par ALPTREES a été développée afin d'harmoniser autant que possible les approches de modélisation des arbres utilisées dans les zones forestières alpines, l'interface ville-forêt et les zones urbaines de certaines villes de l'espace alpin. Pour évaluer l'adéquation environnementale des espèces d'arbres dans les zones urbaines, en mettant l'accent sur les conditions climatiques actuelles et futures, des modèles de distribution des espèces (SDMs) (cf. [32], [33]) à une résolution relativement élevée de 1 x 1 km² ont été générés. Une approche harmonisée entre la modélisation des arbres forestiers et urbains est assurée en basant les SDM sur une approche de modélisation préliminaire améliorée qui a été appliquée à l'ensemble de l'espace alpin avec un accent particulier sur les zones urbaines.[34] Un ensemble de paramètres bioclimatiques pour les périodes historiques et futures est utilisé pour soutenir cette approche. Plus important encore, une combinaison d'informations mesurées au niveau du sol (cadastres d'arbres spécifiques aux villes) et de données obtenues à partir d'observations globales par la plateforme participative proposée par ALPTREES utilisant l'application en ligne iNaturalist[35] sera combinée pour évaluer la composition actuelle et l'adéquation environnementale potentielle future des espèces d'arbres dans les zones urbaines.

Références

- [1] 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. Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience* 51, 723. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFLD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFLD]2.0.CO;2) (2001).
- [2] 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. 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> (2010).
- [3] Sala, O.E. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287, 1770–1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770> (2000).
- [4] 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. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145–148. <https://doi.org/10.1038/nature02121> (2004).
- [5] Diamandis, S. 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 (2014).
- [6] Roloff, A., Kehr, R. *Bäume in der Stadt: Besonderheiten – Funktion – Nutzen – Arten – Risiken; 12 Tabellen*. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim) (2013).
- [7] Brune, M. *Urban trees under climate change* (No. Report 24). Climate Service Center Germany, Hamburg (2016).
- [8] Livesley, S.J., McPherson, E.G., Calfapietra, C. The Urban Forest and Ecosystem Services : Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *J. Environ. Qual.* 45, 119–124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567> (2016).
- [9] Buckeridge, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. *Estud. av.* 29, 85–101. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200006> (2015).

- [10] Smardon, R. C. Perception and aesthetics of the urban environment: Review of the role of vegetation. *Landscape and Urban Planning* 15, 85–106. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90018-7) (1988).
- [11] European Environment Agency. Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. (No. 12/2020). Publications Office, LU (2020).
- [12] Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhawe, A. G., Mittal, N., Feliu, E., Faehnle, M. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management* 146, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025> (2014).
- [13] Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *built environ* 33, 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115> (2007).
- [14] Wittig, R., Kuttler, W., Tackenberg, O. Urban-industrielle Lebensräume, in: Mosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M., Stribrny, B. (Eds.), *Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland*. WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt, 290–307 (2012).
- [15] Kleerekoper, L., van Esch, M., Salcedo, T.B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling* 64, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004> (2012).
- [16] Schmidt, O. »Urban Forestry« – Chance für die Forstwirtschaft. *LWF Aktuell* 98, 9–11 (2014).
- [17] Berland, A. Long-term urbanization effects on tree canopy cover along an urban–rural gradient. *Urban Ecosyst* 15, 721–738. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0224-9> (2012).
- [18] Escobedo, F.J., Nowak, D.J. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning* 90, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.021> (2009).
- [19] Chiesura, A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003> (2004).
- [20] Araújo, M.B., Peterson, A.T. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology* 93, 1527–1539. <https://doi.org/10.1890/11-1930.1> (2012).
- [21] Pearson, R.G., Dawson, T.P. 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> (2003).
- [22] Suttmöller, J., Spellmann, H., Fiebiger, C., Albert, M. Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland (No. 3), Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen (2008).
- [23] Niinemets, Ü., Valladares, F. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern hemisphere trees and shrubs. Ecological Monographs 76, 521–547. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2006\)076\[0521:TTSDAW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2006)076[0521:TTSDAW]2.0.CO;2) (2006).
- [24] Sæbø, A., Borzan, Z., Ducatillion, C., Hatzistathis, A., Lagerström, T., Supuka, J., García-Valdecantos, J.L., Rego, F., Van Slycken, J. The selection of plant materials for street trees, park trees and urban woodland, in: Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperijn, J. (Eds.), Urban Forests and Trees. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, pp. 257–280 (2005).
- [25] Waller, L.P., Allen, W.J., Barratt, B.I.P., Condrón, L.M., França, F.M., Hunt, J.E., Koele, N., Orwin, K.H., Steel, G.S., Tylanakis, J.M., Wakelin, S.A., Dickie, I.A. Biotic interactions drive ecosystem responses to exotic plant invaders. Science 368, 967–972. <https://doi.org/10.1126/science.aba2225> (2020).
- [26] Hemery, G.E. Trees and climate change. A practical guide for woodland owners & managers. Nicholson's Nurseries Ltd, Oxfordshire (2007).
- [27] Reif, A., Brucker, U., Kratzer, R., Schmiedinger, A., Bauhus, J. Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes (No. FKZ 3508 84 0200). Bundesamt für Naturschutz, Freiburg (2010).
- [28] Sjöman, H., Gunnarsson, A., Pauleit, S., Bothmer, R. Selection Approach of Urban Trees for Inner-city Environments: Learning from Nature 11 (2012).
- [29] Roloff, A., Grundmann, B. Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. Technische Universität Dresden, Dresden (2008).
- [30] Coville R., Endreny T., Nowak D. J. Modeling the impact of urban trees on hydrology. In: Levia, D., Carlyle-Moses, D., Lida, S., Michalzik, B., Nanko, K., Tischer, A., eds. Forest-water interactions. Cham, Switzerland, Springer, 459–487. Chapter 19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26086-6_19 (2020).

- [31] Berland, A. Urban tree growth models for two nearby cities show notable differences. *Urban Ecosystems* 23, 1253–1261 <https://doi.org/10.1007/s11252-020-01015-0> (2020).
- [32] Elith, J., Leathwick, J.R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697 (2009).
- [33] Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190, 3-4, 231-259 (2006).
- [34] Stas, M., Aerts, R., Hendrickx, M., Dendoncker, N., Dujardin, S., Linard, C., Nawrot, T., Van Nieuwenhuyse, A., Aerts, J.M., Van Ors-hoven, J. and Somers, B. An evaluation of species distribution models to estimate tree diversity at genus level in a heterogeneous urban-rural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 198, p.103770 (2020).
- [35] iNaturalist, available from <https://www.inaturalist.org>. Accessed on May 15, 2021



RESISTANCE A LA SECHERESSE DES ARBRES NON INDIGENES

Srđan STOJNIC, Claudia COCOZZA, Erna VAŠTAG

Contrairement aux arbres qui poussent dans des communautés naturelles, les arbres urbains sont soumis à des influences humaines supplémentaires. Ils sont donc confrontés à des stress complexes qui sont moins présents, voire inexistantes, dans les écosystèmes forestiers. Ces stress agissent généralement de manière simultanée ou séquentielle, enchaînant un grand nombre de facteurs négatifs. Par exemple, le compactage du sol causé par l'activité humaine réduit la capacité des sols urbains à absorber l'eau, induisant un déficit hydrique chez les arbres qui peut à son tour détériorer leur vitalité, les rendant plus vulnérables aux épidémies de parasites et de maladies.^[1] De même, il est bien documenté que certains facteurs peuvent générer à la fois des conditions stimulant la croissance et des conditions induisant le stress.^[2] En effet, les concentrations élevées de CO₂ augmentent le taux de photosynthèse des plantes, ce qui entraîne une croissance et une production de biomasse aérienne plus rapides.^[3] Cependant, l'augmentation de la concentration de CO₂ diminue également le taux de transpiration,^[4] ce qui réduit la perte de chaleur par convection et expose les plantes à un risque accru de surchauffe.^[5] Par conséquent, selon l'intensité et la durée de ces stress, la santé et le taux de croissance des arbres peuvent être considérablement réduits. De plus, en raison des conditions environnementales difficiles dans les villes, la durée de vie des arbres urbains est souvent plus courte que celle des arbres poussant dans des habitats naturels.^[6]

Bien que les causes du déclin des arbres urbains soient complexes et impliquent divers facteurs directs et indirects, le stress dû à la sécheresse a été déterminé comme le principal facteur responsable de la dégradation des arbres dans les zones urbaines.^[7] Le stress dû à la sécheresse se produit

chez les plantes exposées à une faible disponibilité en eau dans le sol et à des conditions atmosphériques provoquant une forte demande d'évaporation. En termes d'échelle de temps, la sécheresse peut être soit à court terme soit à long terme. La sécheresse à court terme dure généralement entre quelques semaines et quelques mois et affecte principalement les jeunes arbres et les arbres nouvellement transplantés qui n'ont pas encore développé de systèmes racinaires étendus.^[8] Par exemple, Gilbertson et Bradshaw^[9] ont constaté que près de 23% des arbres nouvellement plantés dans le centre-ville de Liverpool sont morts dans les trois années suivant leur plantation, principalement en raison du stress dû à la sécheresse. La sécheresse à long terme correspond à un déficit de précipitations de plus de six mois, qui induit généralement la formation de courtes pousses et un déclin de la croissance radiale^[10], et peut déclencher une mortalité prématurée des arbres lorsqu'elle se produit de manière cyclique^[11].

Les espèces d'arbres présentent une gamme de stratégies pour résister au stress de la sécheresse, depuis les réponses physiologiques et biochimiques jusqu'à la modulation de leur anatomie et de leur morphologie.^[12] Les ajustements physiologiques et biochimiques se produisent à l'intérieur des cellules et des organes végétaux et comprennent généralement le contrôle stomatique de la perte d'eau, la réduction du potentiel hydrique des feuilles,^[13]^[14] et le maintien de l'absorption d'eau par l'ajustement osmotique à l'intérieur des cellules.^[15] Cependant, ces mécanismes semblent dépendre largement de l'évolution de la sécheresse et de sa gravité : dans des conditions de sécheresse légère à modérée, la fermeture stomatique est le principal mécanisme de réponse physiologique, entraînant une diminution de la disponibilité du CO₂ dans le mésophylle et une réduction du taux de photosynthèse^[16]. En revanche, le contrôle stomatique de la photosynthèse semble devenir progressivement moins efficace lorsque le stress de la sécheresse s'intensifie et que les limitations non stomatiques (c'est-à-dire biochimiques et métaboliques) de l'assimilation du CO₂ commencent à prévaloir^[17]. De plus, des altérations morphologiques et anatomiques telles que la réduction de la surface foliaire, l'augmentation de la sclérophilie des feuilles et le développement de systèmes racinaires proli-

fiques et profonds ont été reconnus comme des éléments clés de l'acclimatation des arbres à un stress de sécheresse à long terme.^[18] Comme la résistance à la sécheresse des arbres est généralement basée sur deux stratégies principales, à savoir l'évitement de la sécheresse et la tolérance à la sécheresse,^[19] différentes espèces d'arbres peuvent avoir des réponses très contrastées au stress induit par la sécheresse.^[8]

En gardant ces considérations à l'esprit, la sélection d'espèces d'arbres appropriées pour la culture dans les zones urbaines devrait reposer non seulement sur leurs qualités esthétiques, mais aussi sur une compréhension de l'interaction complexe entre la physiologie des plantes et le milieu environnant^[20]. Dans ces évaluations, une attention particulière doit être accordée à la prévention de la détérioration de la qualité de l'air causée par l'émission de quantités excessives de composés organiques volatils biogéniques (COVB) et de leurs équivalents anthropiques qui contribuent grandement à la pollution par l'O₃.^[21] Étant donné que l'émission de COVB est sensible à la durée et à la gravité des stress liés à la chaleur et à la sécheresse, on s'attend à ce que l'impact des arbres augmente à l'avenir également du point de vue de la lutte contre la pollution atmosphérique. Ainsi, en tenant compte des objectifs socio-écologiques des forêts urbaines, la sélection d'espèces d'arbres multifonctionnelles devrait être orientée vers l'atténuation des effets négatifs du changement climatique et la maximisation des services écosystémiques fournis.^[22] En ce sens, la diversité inter- et intra-spécifique devrait être encouragée pour améliorer la résilience des forêts urbaines aux pressions environnementales et garantir la fourniture continue de fonctions liées au bien-être humain ainsi que la préservation et l'embellissement du paysage.^{[23], [24]} L'introduction d'arbres non indigènes (ANI) aux côtés d'espèces autochtones résistantes à la sécheresse a été identifiée comme une solution possible pour accroître la diversité des espèces dans les villes.^[20] Bien que l'on s'inquiète largement de la perte de biodiversité qui pourrait résulter des effets néfastes des ANI sur les espèces indigènes,^[25] une étude récente menée au Royaume-Uni a montré que 75% des personnes interrogées seraient heureuses de voir davantage de plantations non indigènes dans les espaces publics britan-

niques si les espèces sélectionnées étaient mieux adaptées au changement climatique que la végétation existante.^[26] Il est donc probable que la pertinence des ANI augmentera dans les conditions futures du changement climatique, puisque le public est de plus en plus conscient de leur rôle dans la résilience des populations d'arbres urbains. En conséquence, un certain nombre d'études ont démontré une plus grande tolérance à la sécheresse des ANI poussant dans les zones urbaines par rapport aux espèces autochtones. Par exemple, une étude dendroécologique menée sur plusieurs espèces d'arbres cultivés le long des rues de Dresde (Allemagne) a montré que *Quercus rubra* et *Platanus x hispanica* sont mieux adaptés aux conditions chaudes et sèches que *Acer platanoides* et *Acer pseudoplatanus*.^[27] De même, Vaštag et al.^[28] ont rapporté que *Acer platanoides* poussant dans la zone urbaine de Novi Sad, en Serbie, présentaient une réduction plus sévère de la performance physiologique que *Liquidambar styraciflua* lorsqu'ils étaient soumis à un stress de sécheresse. Enfin, en utilisant la technique de fluorescence de la chlorophylle afin d'étudier l'état de l'appareil photosynthétique chez de jeunes arbres de huit espèces et cultivars à Varsovie, en Pologne, Swoczyna et al.^[29] ont constaté que les trois espèces introduites, *Gleditsia triacanthos*, *Platanus x hispanica* et *Pyrus calleryana*, atteignaient le rendement quantique maximal du photosystème II à des valeurs proches de l'optimum, indépendamment de leur distance par rapport aux routes et de la date des mesures.

Même si l'état physiologique des arbres est étroitement lié à leur capacité à fournir des services écologiques dans les environnements urbains,^[30] il convient de promouvoir une grande biodiversité des arbres afin d'améliorer la résilience globale des forêts urbaines aux stress biotiques et abiotiques.^[27] En outre, comme les stress rencontrés par les arbres urbains dépendent des conditions de croissance dans les zones urbaines (par ex, les arbres des parcs et les arbres poussant dans les bois urbains sont moins affectés par les facteurs de stress que les arbres poussant sur les places), dans les fossés ou le long des routes,^[30] une variété d'espèces d'arbres, y compris les ANI et les espèces autochtones moins couramment utilisées, devrait être envisagée pour la plan-

tation dans les environnements urbains. Dans ce contexte, des directives complètes sur la tolérance à la sécheresse et le potentiel de croissance de différentes espèces d'arbres dans diverses conditions urbaines devraient être développées pour des régions spécifiques, y compris une liste de traits qui pourraient être exploités comme bio-indicateurs de la résistance de ces espèces aux stress. [8], [20]

Références

- [1] Swoczyna, T., Kalaji, H.M., Pietkiewicz, S., Borowski, J. Ability of various tree species to acclimation in urban environments probed with the JIP-test. *Urban Forestry & Urban Greening* 14, 544-553 (2015).
- [2] McDermot, C.R., Minocha, R., D'Amico III, V., Long, S., Trammell, T.L.E. Red maple (*Acer rubrum* L.) trees demonstrate acclimation to urban conditions in deciduous forests embedded in cities. *PLoS ONE* 15, 7. e0236313 (2020).
- [3] Michael, T., Dananjali, G., Naoki, H., Anke, A., Saman, S. Effects of elevated carbon dioxide on photosynthesis and carbon partitioning: a perspective on root sugar sensing and hormonal crosstalk. *Frontiers in Physiology* 8, 578 (2017).
- [4] Katul, G., Manzoni, S., Palmroth, S., Oren, R. A stomatal optimization theory to describe the effects of atmospheric CO₂ on leaf photosynthesis and transpiration. *Annals of Botany* 105, 431-442 (2010).
- [5] Wright, I.J., Ning Dong, N., Maire, V., Prentice, C.I., Westoby, M., Díaz, S., Gallagher, R.V., Jacobs, B.F., Kooyman, R., Law, E.A., Leishman, M.R., Niinemets, Ü., Reich, P.B., Sack, L., Villar, R., Wang, H., Wilf, P. Global climatic drivers of leaf size. *Science* 357, 917. DOI: [10.1126/science.aal4760](https://doi.org/10.1126/science.aal4760) (2017).
- [6] Whitlow, T.H., Bassuk, N.L., Reichert, D.L. A 3-year-study of water relations of urban street trees. *Journal of Applied Ecology* 29, 2: 436-450 (1992).
- [7] Kleerekoper, L., Van Esch, M., Salcedo, T.B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling* 64, 30-38 (2012).
- [8] Sjöman, H., Hirons, A.D., Bassuk, N.L. Urban forest resilience through tree selection - variation in drought tolerance in *Acer*. *Urban Forestry & Urban Greening* 14, 858-865 (2015).
- [9] Gilbertson, P., Bradshaw, A.D. The survival of newly planted trees

- in inner cities. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry* 14, 287-309 (1990).
- [10] Nitschke, C.R., Nichols, S., Allen, K., Dobbs, C., Livesley, S.J., Baker, P., Lynch, Y. The influence of climate and drought on urban tree growth in southeast Australia and the implications for future growth under climate change. *Landscape and Urban Planning* 167, 275-287 (2017).
 - [11] Cameron, R.W.F. Plants in the environment: amenity horticulture. In: Thomas, B., Murphy, D., Murray, B. (Eds.), *The Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. Elsevier Science Ltd, London, pp. 735-742 (2003).
 - [12] Kesić, L., Vuksanović, V., Karaklić, V., Vaštag, E. Variation of leaf water potential and leaf gas exchange parameters of seven silver linden (*Tilia tomentosa* Moench) genotypes in urban environment. *Topola* 205, 15-24 (2020).
 - [13] Thomas, F.M., Gausling, T. Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science* 57, 325-333 (2000).
 - [14] Deligöz, A., Bayar, E. Drought stress responses of seedlings of two oak species (*Quercus cerris* and *Quercus robur*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 42, 114-123 (2018).
 - [15] Sanders G.J., Arndt S.K. Osmotic adjustment under drought conditions. In: Aroca R. (eds) *Plant responses to drought stress*. Springer, Berlin, Heidelberg (2012).
 - [16] Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Functional Plant Biology*, 27, 1: 87-87 (2000).
 - [17] Gallé, A., Haldimann, P., Feller, U. Photosynthetic performance and water relations in young pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and recovery. *The New Phytologist* 174, 799–810 (2007).
 - [18] Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: Lichtfouse E., Navarrete M., Debaeke P., Véronique S., Alberola C. (eds). *Sustainable Agriculture*. Springer, Dordrecht (2009).
 - [19] Stojnić, S., Kovačević, B., Kebert, M., Vaštag, E., Bojović, M., Stanković-Nedić, M., Orlović, S. The use of physiological, biochemical and morpho-anatomical traits in tree breeding for improved water-use efficiency of *Quercus robur* L. *Forest Systems* 28, 3. e017 (2019).
 - [20] Sjöman, H., Hirons, A. D., Bassuk, N. L. Improving confidence in tree species selection for challenging urban sites: a role for leaf turgor loss. *Urban Ecosystems* 21, 1171-1188 (2018).

- [21] Fierravanti, A., Fierravanti, E., Cocozza, C., Tognetti, R., Rossi, S. Eligible reference cities in relation to BVOC-derived O₃ pollution. *Urban Greening and Urban Forestry*, 28, 73–80 (2017).
- [22] Ferrini, F., Bussotti, F., Tattini, M., Fini, A. Trees in the urban environment: response mechanisms and benefits for the ecosystem should guide plant selection for future plantings. *Agrochimica* 58, 3: 234-246 (2014).
- [23] Kendal, D., Dobbs, C., Lohr, V.I. Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule ? *Urban Forestry & Urban Greening* 13, 411-417 (2014).
- [24] Schlaepfer, M.A., Guinaudeau, B.P., Martin, P., Wyler, N. Quantifying the contributions of native and non-native trees to a city's biodiversity and ecosystem services. *Urban Forestry & Urban Greening* 56. 126861 (2020).
- [25] Chalker-Scott, L. Nonnative, noninvasive woody species can enhance urban landscape biodiversity. *Arboriculture & Urban Forestry* 41(4): 173-186 (2015).
- [26] Hoyle, H., Hitchmough, J., Jorgensen, A. Attractive, climate-adapted and sustainable ? Public perception of non-native planting in the designed urban landscape. *Landscape and Urban Planning* 164, 49-63 (2017).
- [27] Gillner, S., Bräuning, A., Roloff, A. Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. *Trees-Structure and Function* 28, 1079-1093 (2014).
- [28] Vastag, E., Kesić, L., Orlović, S., Karaklić, V., Zorić, M., Vuksanović, V., Stojnić, S. Physiological performance of sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) and Norway maple (*Acer platanoides* L.) under drought condition in urban environment. *Topola* 204, 17-27 (2019).
- [29] Swoczyna, T., Borowski, J., Pietkiewicz, S., Kalaji, H.M. Growth and physiological performance of young urban trees of eight taxa in Warsaw. *Plants in Urban Areas and Landscape*. Slovak University of Agriculture in Nitra. p. 15-19. ISBN: 978-80-552-1262-3 (2014).
- [30] Czaja, M., Kolton, A., Muras, P. The complex issue of urban trees - stress factor accumulation and ecological service possibilities. *Forests* 11, 9: 932 (2020).



ARBRES INVASIFS DANS LES ZONES URBAINES

Katharina LAPIN

Pendant des siècles, les villes ont été des centres florissants de vie humaine et de commerce, ainsi que des voies d'accès pour les arbres exotiques envahissants. Le XIX^e siècle en particulier a vu la création de nombreux jardins botaniques et parcs paysagers dans lesquels des centaines d'arbres exotiques d'Asie et d'Amérique du Nord ont été plantés et admirés par leurs visiteurs. À l'époque, la propagation involontaire de ces espèces n'était pas du tout envisagée et, en fait, l'un des principaux intérêts était de savoir comment cultiver, commercialiser et reproduire ces arbres exotiques pour le verdissement urbain et d'autres objectifs économiques. Depuis lors, cependant, le phénomène d'envahissement des espèces d'arbres a successivement gagné en importance en raison des effets du changement climatique et de l'augmentation des nutriments disponibles dans les environnements urbains. Près de 150 ans après le boom de l'introduction d'espèces d'arbres exotiques en Europe, les préoccupations ont considérablement évolué et le caractère envahissant de certains arbres non indigènes est devenu un problème majeur pour les scientifiques comme pour les administrations urbaines.

Aujourd'hui, les arbres non indigènes (ANI) - des espèces d'arbres introduites dont les origines se trouvent en dehors de l'espace alpin - sont devenus des éléments clés de l'infrastructure verte urbaine. L'inventaire ALPTREES des arbres non indigènes dans l'espace alpin a identifié 352 espèces d'arbres non indigènes poussant dans les parcs, ombrageant les rues ou plantés dans les jardins. Cette longue liste d'arbres exotiques contient surtout des espèces ne montrant aucune indication d'un impact négatif jusqu'à présent, mais il y a aussi plusieurs espèces d'arbres (potentiellement) invasives - des ANI dont l'introduction, l'établissement et/ou la propagation présentent des risques potentiels ou identifiés pour la biodiversité indigène, les fonctions des écosystèmes ou les aspects

socio-économiques, y compris la santé humaine. Alors que la plupart des arbres non indigènes sont entretenus pour fournir divers services écosystémiques précieux, notamment l'amélioration de la qualité de l'air, la séquestration du carbone, le rafraîchissement des environnements urbains et des avantages esthétiques, quelques espèces envahissantes sont déjà connues pour poser des problèmes. Les administrations municipales du monde entier s'efforcent de lutter contre la dispersion des arbres envahissants afin de protéger la biodiversité des écosystèmes périurbains, les infrastructures urbaines et la santé de leurs populations.

Le peuplier du Canada (*Populus x canadensis*), par exemple, possède un système racinaire bien développé et est connu pour atteindre rapidement de grandes tailles, ce qui peut être problématique si les semis poussent sans être repérés sur les toits ou trop près des bâtiments historiques. Les espèces envahissantes que sont l'érable negundo (*Acer negundo*) et l'ailanthe (*Ailanthus altissima*) doivent être gérées chaque année le long des lignes de chemin de fer ou des stations de métro, où elles peuvent interférer avec les infrastructures. En outre, le pollen de nombreux arbres envahissants peut provoquer des réactions allergiques et d'autres problèmes de santé.

La gestion globale des arbres envahissants dans les villes devrait comprendre les étapes suivantes:

1	Identifier les impacts pour définir l'objectif de gestion
2	Localiser les arbres envahissants
3	Respecter la législation locale
4	Identifier les sentiers
5	Faciliter la hiérarchisation des actions de gestion
6	Planifier et mener les actions de gestion déterminées en tenant compte de l'acceptation des parties prenantes et du rapport coût-efficacité.
7	Mettre en place un suivi à long terme
8	Partager les expériences positives et négatives

Les ANI invasives établies sont généralement faciles à identifier car elles sont présentes en grand nombre et tolèrent généralement de nombreux types de sol et se propagent facilement.

L'ailanthe (*Ailanthus altissima*), le sumac vinaigrier (*Rhus typhina*), et le Paulownia (*Paulownia tomentosa*) sont parmi les espèces les plus répandues dans les zones urbaines de l'espace alpin. L'identification des arbres potentiellement envahissants qui ne sont pas encore répandus est beaucoup plus difficile. En se basant sur les expériences d'autres villes ainsi que sur les rapports techniques et la littérature scientifique, les experts peuvent souvent estimer si une espèce d'arbre non indigène sera capable de se propager facilement et de manière incontrôlée à partir de la zone où elle a été plantée. Les espèces d'arbres potentiellement invasives telles que l'angélique du Japon (*Aralia elata*) ou le robinier faux-acacia (*Gleditsia triacanthos*) doivent être observées en permanence dans les zones urbaines, car leur détection pendant la phase précoce de leur propagation vers de nouveaux habitats améliore généralement le rapport coût-efficacité des mesures de gestion nécessaires.

Notre expérience acquise au cours du projet ALPTREES a montré que les scientifiques et les experts qualifiés ne sont pas les seuls à pouvoir observer et signaler la propagation involontaire d'arbres potentiellement envahissants. Chaque habitant d'une ville peut rejoindre une communauté scientifique citoyenne telle que iNaturalist ou d'autres programmes locaux pour signaler les changements dans le système urbain. Cela aide les écologistes et les administrations à suivre et à estimer le développement de la flore et de la faune urbaines et à définir les actions de gestion nécessaires.

Bien que le problème des arbres envahissants dans les villes soit aujourd'hui beaucoup plus actuel que jamais, il n'est manifestement pas encore résolu. La mise en place d'un système d'alerte précoce et un échange transnational rapide sur l'arrivée et la gestion des arbres invasifs seraient hautement souhaitables. Dans le cadre du projet ALPTREES, nous avons présenté des exemples d'actions pilotes, d'ateliers et de manuels visant à accroître la sensibilisation du public et les connaissances locales au sein d'un réseau de communication international nécessaire pour faire face aux arbres envahissants dans les villes.

Espèces exotiques envahissantes: les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont des animaux et des plantes qui ont été introduits accidentellement ou délibérément dans un environnement naturel où ils ne se trouvent pas normalement, avec des **conséquences négatives graves pour cet environnement.**

Définition du règlement européen 1143/2014 relatif aux espèces exotiques envahissantes



Figure 1: *Populus x canadensis* sur le toit historique de la cathédrale de Saint Etienne de Vienne, (c) Lapin



Figure 2: *Aralia elata* s'échappant des jardins vers les forêts urbaines. Dans le cadre du projet ALPTREES en 2021, cette espèce a été contrôlée avec succès pendant la phase initiale de son introduction.



Figure 3: *Paulownia tomentosa* et *Ailanthus altissima* à Vienne.



SANTE DES ARBRES ET BIEN ETRE HUMAIN A TRENTE (IT)

Giovanna ULRICI, Gala CARANNANTE, Olga PARIS

Il est bien établi que les espaces verts urbains peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé mentale et physique des habitants en offrant une détente psychologique et un soulagement du stress, en stimulant la cohésion sociale, en favorisant l'activité physique et en réduisant l'exposition aux polluants atmosphériques, au bruit et à la chaleur excessive.

Aujourd'hui, plus de la moitié des habitants de notre planète vivent dans des environnements urbanisés - l'Europe atteignant des sommets de 80 % - et il est clair que cette tendance va se poursuivre dans un avenir proche. La nature et le caractère de nos villes seront amenés à changer de manière beaucoup plus radicale qu'actuellement. Si nous voulons offrir aux gens un environnement sain dans lequel ils peuvent grandir et s'identifier, les aspects liés à l'amélioration de la santé et du bien-être doivent être considérés comme une priorité lors de la planification des villes du futur.

La littérature scientifique regorge d'études épidémiologiques montrant que les espaces verts urbains ont divers effets positifs sur la santé humaine, tels que l'atténuation de la dépression et l'amélioration de la santé mentale, la diminution de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaires et pulmonaires, et la réduction des taux d'obésité et de diabète. Les voies qui mènent à ces effets bénéfiques de la verdure urbaine sont diverses et complexes, et les chercheurs ont formulé diverses théories pour expliquer la relation entre les espaces verts et la santé. Outre les aspects liés à la santé et au bien-être, la planification urbaine future devra également prendre en compte les aspects sociaux liés à la verdure urbaine. Par exemple, de nombreuses études ont montré que les personnes défavorisées sur le plan socio-éco-

nomique ont tendance à bénéficier davantage d'un meilleur accès aux espaces verts urbains, alors que les zones dans lesquelles elles vivent ont tendance à présenter une disponibilité limitée d'espaces verts. Offrir un accès équitable aux espaces verts est donc un objectif important de la politique urbaine axée sur la santé, et c'est devenu un thème récurrent parmi les objectifs clés abordés dans les accords et déclarations internationaux au cours de la dernière décennie.

Dans ce contexte, les ANI peuvent amplifier les avantages et les services des écosystèmes d'une part (puisqu'ils sont plus résilients que les espèces indigènes), mais d'autre part, ils peuvent aussi introduire de nouveaux problèmes pour la santé humaine, directement (par exemple, des allergies) et indirectement (déstabilisation des systèmes naturels).



La trame verte urbaine à Trente comme retour d'expérience

Nous avons vu que la présence d'espaces verts dans une ville, tels que des parcs et des jardins de différents types et de différentes tailles, produit une amélioration de la qualité de vie qui est observable en termes très concrets. Dans le cas de Trente, par exemple, les arbres de la Piazza Venezia, l'un des parcs inclus dans l'anneau routier le plus fréquenté entourant le centre historique, absorbent les polluants de l'air et réduisent la température ambiante lors des chaudes journées

d'été, tandis que la zone du parc elle-même offre des espaces de loisirs et de sport, dont les études ont montré qu'ils étaient bénéfiques pour la santé mentale et physique. L'aménagement urbain doit également tenir compte des caractéristiques des écosystèmes, qui doivent être évaluées en fonction des contextes locaux et des besoins réels des citoyens.

Même si les écosystèmes urbains couvrent une superficie limitée par rapport aux autres écosystèmes de la planète, leur contribution est immensément importante, car ils se trouvent précisément là où de nombreuses personnes peuvent profiter directement et facilement de leurs avantages. Par exemple, un parc de taille importante situé à un endroit stratégique - comme Gocciadoro ou les jardins de la Piazza Venezia - peut faire baisser les températures de 3 ou 4 degrés en été en influençant le microclimat environnant dans un rayon de plusieurs centaines de mètres. Cela permet non seulement d'accroître directement le confort humain dans la zone, mais aussi de produire indirectement des répercussions économiques positives en réduisant les coûts liés à l'utilisation de la climatisation ainsi que les coûts des soins de santé pour les maladies estivales. Dans le même temps, ces parcs peuvent servir d'espaces en plein air pour les événements de la ville, de terrains de jeu et de sport, et de points de rassemblement, auquel cas leur poten-



Figure 1: Carte de la trame verte à Trente

tiel en matière de loisirs augmente tandis que leur potentiel d'atténuation des températures estivales diminue quelque peu. Cette situation de compromis nous aide à imaginer les villes comme des mosaïques d'espaces verts ayant des fonctions spécifiques différentes - certaines plus adaptées aux loisirs, d'autres plus efficaces pour purifier l'air ou abaisser les températures.

Recensement du patrimoine arboricole de Trente

La commune de Trente possède un patrimoine arboricole d'une importance considérable, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Les nombreuses espèces végétales présentes sur le territoire rendent la ville accueillante et plus vivable, notamment d'un point de vue écologique.

Les espèces d'arbres présentes dans les espaces verts publics de la ville ont fait l'objet de plusieurs recensements depuis les années 1990 visant uniquement la connaissance et la classification : espèces, âge, localisation, caractéristiques dimensionnelles. En 2016, avec la mise en place d'un système intégré de recensement, d'étiquetage, de géolocalisation et de gestion de l'entretien, il a été possible d'entamer un recueil systématique de ces données avec des informations sur les

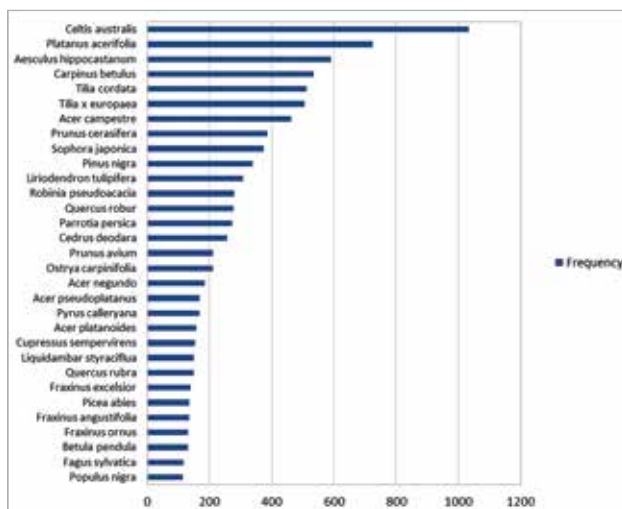


Figure 2: Recensement du patrimoine arboricole de la commune de Trente.

caractéristiques phytopathologiques, les mesures de planification et les enregistrements des interventions d'entretien et de maintenance.

Fin 2017, la ville de Trente a lancé le recensement du patrimoine arboricole lié aux avenues bordées d'arbres et aux arbres des parcs et jardins. Cela a donné lieu à l'identification de plus de 270 espèces d'arbres : c'est un nombre très élevé par rapport aux arbres verts publics urbains, ce qui rend la ville de Trente riche en espèces et en variétés. Parmi celles-ci, il y avait des espèces indigènes et non indigènes, les plus récurrentes dans les données du recensement sont présentées dans la Fig. 2.

De l'analyse des espèces présentes sur le territoire, il ressort que les ANI constituent actuellement environ 45 % de toutes les espèces présentes, représentant ainsi presque la moitié du patrimoine végétal de la ville de Trente. Les directives opérationnelles qui conduisent à la plantation de ANI dans les zones urbaines de Trente sont basées sur les caractéristiques des espèces, leur valeur ornementale, leur résistance mécanique et leur stabilité - en particulier leur résistance à la rupture de branches, un des aspects fondamentaux pour assurer la sécurité publique dans les environnements urbains.

Dans les zones urbaines de la région alpine, les arbres indigènes sont confrontés à de multiples défis : ils sont de plus en plus affectés par les ravageurs, les maladies, les parasites et les températures élevées dues au changement climatique ; pour cette raison, certains arbres qui jouent actuellement un rôle dans l'aménagement vert urbain étaient considérés comme inadaptés il y a encore quelques décennies. Il est donc important de développer des stratégies de croissance qui incluent la présence de nouvelles espèces d'arbres dans les projets conçus pour s'adapter au changement climatique, ainsi que de considérer leurs effets futurs sur la société. Les ANI présentent de nombreux avantages et offrent de nouvelles possibilités, notamment en contribuant à rendre les espaces verts urbains plus résistants au changement climatique.

Un défi particulier est la vulnérabilité des espèces d'arbres indigènes aux nouveaux ravageurs. Le changement des conditions climatiques favorise le déplacement et l'installation stable dans les ceintures tempérées de ravageurs auparavant confinés à des latitudes plus méridionales et subtropicales.

Dans ce scénario, les mesures d'adaptation possibles comprennent des changements dans les pratiques de plantation et de gestion des arbres, l'amélioration de l'adaptation des espèces, et la plantation de ANI résistants à ces ravageurs - une fois qu'ils ont passé la chaîne de contrôle et reçu le passeport végétal conformément au règlement (UE) 2016/2031 et au règlement d'exécution (UE) 2017/2313.

Les citoyens et les espaces verts urbains

Depuis près d'une décennie, les citoyens de Trente ont montré un désir croissant d'utiliser les lieux publics et les infrastructures publiques partagés et ouverts pour des activités à caractère intergénérationnel et interculturel. Ce désir est satisfait par les infrastructures publiques présentes à Trente, qui offrent des possibilités de s'engager dans diverses activités de ce type. Pour cette raison, la municipalité de Trente s'est concentrée sur la mise en œuvre d'actions de régénération urbaine guidées par les stratégies de développement et de transformation que la ville a adoptées.

Il existe une multiplicité d'initiatives résultant d'une collaboration directe entre l'administration municipale et les citoyens qui sont spécifiquement menées dans des espaces ouverts dans le but de sensibiliser les citoyens en les impliquant activement dans le soin des jardins publics de la ville. Parmi elles, l'initiative "Adoptez un parterre", dans le cadre de laquelle les citoyens peuvent "adopter" et prendre soin d'un espace vert tout en recevant le soutien et les conseils de l'organisation respective chargée de son entretien ordinaire et continu. Un autre programme est "Sport nel Verde", qui promeut le sport dans les espaces verts urbains équipés de tables de ping-pong, de terrains de volley-ball et de basket-ball, de courts de tennis et de terrains de pétanque. Les parcs sont ainsi présentés comme des espaces collectifs et récréatifs

dans lesquels les citoyens peuvent passer du temps seul ou rencontrer de nouvelles personnes, encourageant et stimulant le sentiment d'appartenance à la communauté et à la ville.

En plus d'être un opérateur actif, la ville de Trente promeut également les classes de plein air et les projets d'éducation à l'environnement réalisés par d'autres institutions opérant sur son territoire (écoles, coopératives, guides environnementaux, etc.).

Les initiatives décrites ci-dessus mettent en évidence le potentiel de la citoyenneté pour la revitalisation des lieux et des espaces. Des citoyens d'âges différents utilisent la verdure urbaine de différentes manières : seuls, en compagnie d'autres personnes, avec la création de micro-économies locales ou de formes spécifiques de "bien-être communautaire" dans les espaces ouverts. Dans ce contexte, les espaces verts urbains de Trente assument un rôle important pour les zones urbaines et périurbaines comprenant les montagnes et les vallées environnantes, en raison de leur valeur environnementale et paysagère.

Conclusion

La pratique actuelle consiste à encourager la plantation d'espèces indigènes, en invoquant leur adaptation aux conditions locales et la nécessité de maintenir la biodiversité et une base génétique indigène. Cependant, les espèces indigènes ou naturalisées peuvent ne pas être en mesure de s'adapter au changement climatique, surtout si l'on considère son rythme croissant. L'approvisionnement en plantes provenant de régions où les conditions climatiques sont similaires à celles prévues par les études pour les zones locales peut offrir une possibilité d'atténuer ces effets ; néanmoins, il faut veiller à sélectionner les plantes présentant le moins de risques possibles. Outre le changement climatique, d'autres facteurs doivent être pris en compte pour s'assurer que ces plantations sont effectuées de manière appropriée en termes de lieu, de temps et de techniques.

En général, les critères à suivre pour choisir les arbres à planter sont influencés par le changement climatique et

divisés en trois grandes catégories : la conception, les caractéristiques du site et la gestion de l'entretien. Plus précisément, les facteurs à prendre en compte dans le cas des arbres destinés aux rues ou aux parcs urbains sont leur réaction à la taille, leur stabilité, leur résistance aux maladies, leur adaptation au sol, leur tolérance au soleil et à l'ombre et l'absence de parasites catastrophiques. Dans le scénario actuel du changement climatique, les ANI - s'ils sont correctement sélectionnés, étudiés et gérés - constituent souvent le choix le plus approprié pour les espaces verts urbains.

Références

- Alexander, J.M., Lembrechts, J.J., Cavieres, L.A. et al. Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenges. *Alp botany* 126, 89-103 (2016).
- Dainese, M., Kühn, I., Bragazza, L. Alien plant species distribution in the European Alps: Influence of species' climatic requirements. *Biological Invasions* 16 (2014).
- Gaertner, M., Wilson, J.R.U., Cadotte, M., MacIvor, J., Zenni, R.D., Richardson, D. Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions* (2017).
- Kuo, M. How might contact with nature promote human health ? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Frontiers in psychology*, 6, 1093 (2015).
- Lachowycz, K., Jones, A.P. Towards a better understanding of the relationship between greenspace and health: Development of a theoretical framework. *Landscape and urban planning*, 118, 62-69 (2013).
- Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. L'impatto delle specie aliene sugli ecosistemi: proposte di gestione.
- World Health Organization. Protecting children's health in a changing environment: report of the fifth ministerial conference on environment and health. World Health Organization. Regional Office for Europe (2010).

RECOMMANDATIONS POUR L'AMENAGEMENT DU PAYSAGE URBAIN

Giovanna ULRICI, Linda BONETTI

Introduction

Les points clés du développement de la planification du paysage urbain :

- Recommandations et directives européennes, nationales ou municipales ;
- Importance de la conception et de l'entretien de la végétation urbaine ;
- Évolution de la végétation urbaine au regard du changement climatique ;
- Collaboration et coordination européennes ;
- Importance de l'opinion publique en ce qui concerne l'introduction d'espèces non indigènes.

L'étude du caractère invasif et la gestion des arbres non indigènes dans la zone alpine est essentielle pour préserver les écosystèmes alpins délicats. Le changement climatique et la croissance urbaine vers les zones forestières alpines nécessitent une action globale pour comprendre la flore non indigène sous tous ses aspects.

Bien que les scientifiques aient constaté que les zones alpines n'ont pas tendance à être en contact extrêmement étroit avec les espèces végétales non indigènes, que l'on trouve généralement à des niveaux d'altitude inférieurs, il est tout de même important d'étudier et de comprendre le comportement de ces plantes non indigènes, car leur présence à proximité des forêts alpines peut néanmoins leur permettre de se propager dans des régions de plus haute altitude.

Un aspect essentiel de la recherche sur les arbres non indigènes consiste à comprendre les utilisations et les avantages que l'introduction contrôlée de ces espèces peut apporter à

un écosystème. Bien qu'elles soient dangereuses à certains égards, elles peuvent également offrir de nombreux avantages biologiques et économiques : leur matériau peut être exploité pour construire plus efficacement divers produits, et leur présence peut devenir plus facile à gérer au fil du temps grâce au changement climatique. Ces dernières années, les arbres non indigènes ont également été utilisés à des fins médicales, agricoles et forestières.

L'Union européenne a donc financé le projet ALPTREES dans le cadre du programme INTERREG Espace alpin. Le projet couvre l'ensemble de la zone alpine et vise à coordonner une action commune pour assurer une gestion uniforme du rôle des arbres non indigènes dans la flore alpine. ALPTREES réunit des spécialistes de différents secteurs afin de garantir que tous les aspects de la gestion des arbres non indigènes soient représentés. Et pour la toute première fois, il place également l'accent d'un projet européen sur la gestion des arbres non indigènes dans les zones urbaines.

En 2007, le nombre de personnes vivant dans les zones urbaines a dépassé pour la première fois celui des personnes vivant dans les zones rurales. La gestion de la flore sur les territoires des villes, qui abritent souvent des millions de personnes, peut devenir un défi très complexe. Différentes personnes et groupes de pression peuvent avoir des intérêts très divers, et l'introduction d'arbres non indigènes peut diviser l'opinion publique sur des aspects culturels, esthétiques ou sanitaires. Ces différences d'opinion parmi la multitude de citoyens dans les villes conduisent à de nombreux défis liés à une gestion homogène de l'introduction d'arbres non indigènes.

La végétation urbaine est une végétation "artificielle" et ornementale qui poursuit simultanément les notions d'extraordinaire (nouvelles espèces) et de valorisation (espèces indigènes). Une caractéristique très importante de la végétation urbaine est sa multifonctionnalité, qui nécessite des choix de conception, des degrés de protection et des règles de gestion variés, étant donné les multiples objectifs qu'elle peut servir :

elle peut avoir des fonctions éducatives (végétation scolaire), esthétiques (végétation historique, jardins), et d'agrégation sociale (végétation de copropriété, parcs publics).

Étant donné que les recherches sur le caractère envahissant des arbres non indigènes sont souvent menées dans des forêts ou des zones naturelles, nous savons encore peu de choses sur la façon dont les arbres non indigènes peuvent s'installer et éventuellement envahir la flore indigène dans les zones urbaines, où la structure de la ville elle-même peut également encourager les invasions étant donné les diverses possibilités de rencontre et d'échange entre les personnes. Cela soulève d'autres questions et défis concernant l'introduction d'arbres non indigènes dans les villes.

Une autre question concernant l'introduction d'arbres non indigènes dans les villes est l'opinion publique à leur sujet. L'éducation et l'information sont des leviers importants qui doivent être actionnés afin d'intéresser et d'impliquer les citoyens individuels au sujet des arbres non indigènes et de leur introduction. Les autorités locales doivent donc tout mettre en œuvre pour informer et montrer l'exemple de manière claire et reproductible.

Une responsabilité considérable dans le contexte de la propagation et de l'utilisation des espèces non indigènes incombe également aux producteurs et aux détaillants de plantes ornementales. Cependant, il est rare de trouver une chaîne d'approvisionnement en pépinières informée et responsable, capable de fournir un nombre et un type adéquats de plantes non indigènes ; il s'agit d'un problème sous-jacent à l'utilisation d'arbres non indigènes qui doit être étudié et analysé plus en détail.

Les zones urbaines requièrent sans aucun doute des approches de gestion des arbres non indigènes différentes de celles appliquées dans les zones forestières ; une attention particulière doit être accordée à la manière dont les villes sont construites, à la façon dont les rivières existantes - caractéristiques naturelles qui, lorsqu'elles sont associées à d'autres vecteurs de transport naturels ou artificiels, peuvent exacerber les risques

d'invasion - sont liées aux espaces verts, et au problème des terrains privés et de ce que les propriétaires respectifs veulent planter. Un autre aspect jusqu'ici négligé par la recherche est le rôle du changement climatique en ce qui concerne les espèces non indigènes dans les zones urbaines. Ce n'est que très récemment que nous avons commencé à comprendre les avantages des forêts urbaines, mais nous n'avons jusqu'à présent qu'une connaissance limitée des effets du changement climatique sur celles-ci. Il est désormais largement admis que le changement climatique peut causer un stress à la flore, et l'on a récemment observé que de nombreuses plantes réagissent aux divers stimuli dérivés du stress climatique de manière complexe et différenciée. La compréhension des effets du changement climatique est donc de toute évidence un outil essentiel pour pouvoir gérer les plantes non indigènes de manière appropriée.

Ces dernières années, de plus en plus de cas d'invasions par la flore non indigène dans les zones urbaines ont été enregistrés, ce qui a déplacé l'attention sur la question de savoir comment concevoir des lignes directrices pour l'introduction et la gestion des arbres non indigènes dans les zones urbaines afin de prévenir les conflits entre la végétation urbaine et la biodiversité ainsi que la propagation des espèces non indigènes dans les écosystèmes naturels périurbains. Les exemples d'espèces telles que *Robinia pseudoacacia* ou *Paulownia tomentosa* se propageant des villes vers les bois environnants sont nombreux ; moins apparents et moins connus sont la souf-france croissante des espèces "consolidées" telles que les chênes bordant les routes dans les villes et la propagation "silencieuse" d'*Ilex aquifolium* ou d'*Olea fragrans* dans les jardins urbains sur le versant sud des Alpes.

Il ne faut pas oublier que la végétation urbaine est extrêmement diverse dans ses fonctions et ses propriétés. Les organismes administratifs devraient tenter d'identifier les faiblesses et les potentiels de l'ensemble de l'écosystème plutôt que de se limiter à la gestion de la végétation dans le cadre de leur stricte compétence. C'est pour cette raison que les organismes publics encouragent et gèrent les parterres de fleurs saisonniers ainsi que les parcs, les routes bordées

d'arbres et les jardins historiques. Dans ce contexte, la gestion des arbres non indigènes comprend divers aspects techniques et culturels ainsi que des aspects réglementaires et s'appuie sur des directives définies au niveau central.

Les politiques nationales concernant la gestion des arbres non indigènes "doivent être basées sur une approche hiérarchique qui donne la priorité à la prévention de nouvelles introductions d'espèces qui ne sont pas spécifiquement autorisées, à la détection et à l'éradication ultérieure dans le cas de nouvelles incursions, et éventuellement au contrôle et au confinement à long terme lorsque l'éradication n'est plus viable, et que les impacts causés par les espèces introduites rendent cette option nécessaire. Divers instruments gouvernementaux locaux peuvent également jouer un rôle clé dans la définition de lignes directrices pour le développement vert et l'utilisation d'arbres non indigènes intégrés à la croissance et à la transformation de la ville respective.

Le plan élaboré par le ministère italien de l'environnement et de la protection du territoire et de la mer souligne l'importance de la coordination non seulement entre les régions italiennes mais aussi entre les différentes nations européennes.

Il ne fait aucun doute que l'Europe, en tant qu'union de nations désireuses de créer un plan d'action commun, doit établir des critères de sélection de la verdure urbaine en fonction de ce qui peut être bénéfique à la flore locale et de ce qui pourrait lui causer des dommages.

La croyance répandue selon laquelle l'utilisation de plantes indigènes offre la solution à la plupart des problèmes, ainsi que l'application de critères uniquement esthétiques dans le choix des plantes ornementales, doivent être dépassées au profit de :

- Une conception appropriée qui tient compte des implications pour l'équilibre écologique urbain, périurbain et extra-urbain dans le but d'améliorer la quantité et la qualité des services écosystémiques offerts par la verdure urbaine. L'importance de la qualité des plantes, la réduction des besoins en eau, la capture du CO₂ par l'écosystème, les

réponses des espèces individuelles dans des contextes spécifiques (notamment liés aux routes), et les niveaux de stabilité et de sécurité des espèces d'arbres lors d'événements extrêmes et anormaux (qui sont de plus en plus fréquents dans la région alpine) ne sont que quelques-unes des caractéristiques clés qu'une conception appropriée doit prendre en considération.

- Dans ce contexte, il est extrêmement important de connaître l'origine de la production d'une plante, de sélectionner des cultivars appropriés et de comprendre la constance de la réponse des clones.
- Un entretien approprié qui est conscient des conséquences d'une mauvaise taille ou de mauvais soins sur la physiologie des plantes, ainsi que du fait que les cycles de vie des plantes dans l'environnement urbain sont étroitement liés au respect de ces plantes et des valeurs symboliques et culturelles qui leur sont associées. La gestion consciente est le seul moyen d'introduire des plantes non indigènes dans une zone géographique ; en d'autres termes, elles doivent être accompagnées d'études d'entretien ciblées sur chaque espèce et chaque situation potentielle.

Le concept d'adaptabilité est plus important que celui de diversité pour la protection et la gestion des plantes indigènes et non indigènes.

Références

- Alexander, J.M., Lembrechts, J.J., Cavieres, L.A. et al. Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenges. *Alp botany* 126, 89-103.
<https://doi.org/10.1007/s00035-016-0172-8> (2016).
- Dainese, M., Kühn, I., Bragazza, L. Alien plant species distribution in the European Alps: Influence of species' climatic requirements. *Biological Invasions*, 16, 815-831. 10.1007/s10530-013-0540-x (2014).
- Gaertner, M., Wilson, J.R.U., Cadotte, M., MacIvor, J., Zenni, R.D., Richardson, D. Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*, 19. 10.1007/s10530-017-1598-7 (2017).
- Celesti-Grapow, L., Pretto, F., Brundu, G., Carli, E., Blasi, C. Le invasioni di specie vegetali in Italia (2009).

Celesti-Grapow, L., Alessandrini, A., Arrigoni, P.V., Assini, S., Banfi, E., Barni, E., Bovio, M., Brundu, G., Cagiotti, M.R., Camarda, I., Carli, E., Conti, F., Del Guacchio, E., Domina, G., Fascetti, S., Galasso, G., Gubellini L., Lucchese, F., Medagli, P., Blasi, C. Non-native flora of Italy: Species distribution and threats. *Plant Biosystems*, 144.,12-28. 10.1080/11263500903431870 (2009).

Italian ministry of environment and protection of the territory and the sea.
The impact of alien species on ecosystems: management proposal, 26-27 (2013).



NOISETIER DE BYSANCE (*Corylus colurna*) – UN ARBRE DES VILLES ADAPTE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Olaf SCHMIDT, Katharina LAPIN, Isabel GEORGES

Le noisetier de Bysance (*Corylus colurna*) est planté dans les villes européennes depuis plusieurs décennies en tant qu'arbre populaire dans les rues et les parcs. Ses exigences relativement faibles liées au site et sa grande tolérance à la chaleur et à la poussière, ainsi que sa croissance uniforme et les aspects esthétiques associés, sont les principales raisons de son utilisation fréquente. À l'heure du changement climatique, le noisetier turc fait également l'objet d'une attention croissante dans une perspective forestière ces dernières années^{[1],[2],[3],[4]}. Des monographies sur le noisetier turc ont été écrites par Alteheld^[5] et Pauls^[6].

Distribution et croissance du noisetier de Bysance

Le noisetier de Bysance et une douzaine d'autres espèces de *Corylus* appartiennent à la sous-famille des Coryloideae, qui comprend également les genres étroitement apparentés *Carpinus*, *Ostrya* et *Ostryopsis*. Cette sous-famille, ainsi que la sous-famille des Betuloideae, appartient à la famille des bouleaux (*Betulaceae*). *Corylus colurna* est une espèce eurasiennne naturellement distribuée dans la péninsule des Balkans, le long de la côte nord de l'Asie Mineure et dans les régions montagneuses de la Perse et de l'Afghanistan, où elle peut atteindre des altitudes de 1 600 à 1 800 mètres. Dans la région des Balkans, on le trouve généralement en mélange avec le hêtre (*Fagus sylvatica*), le charme (*Carpinus betulus*), le charme d'Orient (*Carpinus orientalis*), le chêne de Hongrie (*Quercus frainetto*) et le tilleul argenté (*Tilia tomentosa*). Dans les chênaies mixtes des Rhodopes grecques, on le trouve souvent avec le tilleul argenté sur des sites mieux

alimentés en eau, par exemple dans les vallées et les gorges des cours d'eau^[7].

L'espèce se caractérise par une croissance exceptionnellement droite et régulière qui se traduit par une couronne pyramidale très compacte. Elle peut atteindre une hauteur de 25-30 m, une largeur de couronne de 8-10 m et un diamètre de tronc de plus de 60 cm. Les feuilles larges, ovales, doublement dentelées avec des bases en forme de cœur, mesurent de 8 à 12 (15) cm de long, avec une couleur vert foncé riche et frappante qui devient jaune en automne. Les inflorescences apparaissent avant l'apparition des feuilles et sont similaires à celles du noisetier commun indigène (*Corylus avellana*). En raison du fort potentiel allergène de leur pollen anémophile^[8], il est conseillé de ne pas planter d'aulnes, de bouleaux ou de noisetiers dans les villes.^[9] Bien que l'on manque d'études spécifiques sur le noisetier de Bysance, on peut présumer qu'il est similaire au noisetier commun à cet égard, les deux espèces étant étroitement apparentées. Les noix du noisetier de Bysance se trouvent généralement en grappes de deux à huit (exceptionnellement jusqu'à 28) entourées d'un péricarpe typique fortement fendu et collant. Elles sont facilement consommées par les écureuils, et même le cassenoix moucheté (*Nucifraga caryocatactes*) vient des forêts aux villes dans certaines régions pour récolter les noix^[10].

Maladies et ravageurs affectant le noisetier de Bysance

Jusqu'à présent, le noisetier de Bysance s'est révélé être une espèce très saine et résistante. En principe, on peut supposer qu'il est affecté par un spectre similaire de champignons et d'insectes que le noisetier commun. Ce fait indique la possibilité d'une intégration rapide du noisetier de Bysance dans les milieux naturels européens. Cependant, au cours des dernières années, des problèmes de vitalité ont été signalés à plusieurs reprises chez le noisetier de Bysance, qui se manifestent par un amincissement croissant de la couronne et peuvent finalement conduire à la mort des arbres concernés^[11]. Les agents pathogènes les plus importants qui infectent le noisetier de Bysance sont probablement des bactéries phytopathogènes des genres *Pseudomonas* et *Xanthomonas*.

Ils provoquent le dessèchement des bourgeons ou leur germination plus tard au printemps, ainsi que des éclaircissements, des taches et éventuellement des nécroses sur les feuilles, en particulier sur le bord des feuilles. Les pousses présentent des symptômes de flétrissement et peuvent mourir complètement. Dans certains cas, une nécrose de l'écorce peut se développer, entraînant la fissuration de l'écorce et la formation de chancres^[12].

Les symptômes des arbres affectés sont visibles dans une décoloration de leur feuillage pendant la période de croissance, qui peut conduire à la mort de branches individuelles ou de la couronne entière. Des symptômes correspondants sur les couronnes et un écoulement de bave visible de l'écorce ont été observés sur des noisetiers de Bysance dans le nord de l'Allemagne, par exemple à Göttingen et Vorpommern^[13]. Une infestation par le champignon foliaire spécifique *Phyllosticta coryli* a également été détectée sur les feuilles des noisetiers de Bysance.^{[11],[14]} Cette infestation conduit finalement à une chute prématurée des feuilles. On ne peut cependant pas supposer que le noisetier de Bysance soit menacé par *Phyllosticta coryli*.

Une certaine espèce de guêpe végétale (*Craesus septentrionalis*) est connue pour s'attaquer aux bouleaux et aux noisetiers en tant que plantes nourricières ; elle peut également se produire sur les noisetiers de Bysance. On sait également que la Bucéphale (*Phalera bucephala*) est présente très fréquemment et facilement sur les noisetiers.^[15]

Le ravageur animal le plus important affectant la culture commerciale du noisetier est le balanin des noisettes (*Curculio nucum*), qui peut provoquer une diminution des récoltes en raison de sa reproduction dans les noisettes. Cependant, le rendement en fruits n'étant pas la préoccupation principale du noisetier de Bysance, on ne peut pas supposer de problèmes majeurs à cet égard.

L'acarine gall-mite du noisetier (*Phytoptus avellanae*) provoque des galles visibles sous la forme de bourgeons visi-

blement épaissis sur les branches du noisetier.^[16] Cependant, cela n'affecte pas la vitalité des noisetiers de Bysance affectés.

Conclusion

Pour s'adapter au changement climatique, on recherche de nouvelles espèces d'arbres à utiliser dans les villes ainsi que des forêts qui peuvent élargir notre spectre d'espèces actuel face à des températures moyennes plus élevées et des précipitations plus faibles. Le noisetier de Bysance fait partie des espèces qui peuvent représenter de potentielles alternatives, notamment pour les espaces verts urbains. Dans l'ensemble, il semble étonnamment résistant aux parasites et aux maladies des arbres de toutes sortes. Le spectre des champignons et des insectes présents sur le noisetier de Bysance est très similaire à celui du noisetier indigène, les bactéries apparaissant comme les agents pathogènes les plus dangereux. Le noisetier de Bysance est une espèce d'arbre esthétiquement plaisante pour le paysage urbain en raison de sa croissance uniforme, de sa coloration jaune en automne et de ses grosses grappes de fruits en forme de touffe.

Références

- [1] Richter, E. Baumhasel – Ein Baum für den Klimawandel ?, AFZ – Der Wald 8, S. 8-9 (2012).
- [2] Richter, E. Baumhasel – anbauwürdig in Mitteleuropa ?, AFZ – Der Wald 5, S. 7-9 (2013).
- [3] Richter, E. Baumhasel: Schnelles Wachstum in trockenwarmem Klima, AFZ – Der Wald 8, S. 11 (2014).
- [4] Schölch, M. Baumhasel und Ahornblättrige Platane – erste Erfahrungen im forstlichen Anbau, Forstarchiv 82, S. 155 – 156 (2011).
- [5] Alteheld, R. Die Baumhasel (*Corylus colurna* L.), Monographie einer Baumart, Baumkunde, Bd. 1, S. 39-74, IHW-Verlag (1996).
- [6] Pauls, T. Die Baumhasel (*Corylus colurna*) – mehr als ein Alleebaum, Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 91, S. 191 – 199 (2006).
- [7] Schölch, M., Schmidt, O., Rothhammer, A., Kühnel, B., Danzer, J. Griechischer Wald – geeignete Arten und Herkünfte für Bayern ?, Der Dauerwald 61, s. 20 – 27 (2020).
- [8] Gruber, H.F. Wenn Bäume krank machen, TASPO BaumZeitung 01, S. 23 – 25 (2010).

- [9] Schmidt-Weber, C.B. Gesundheitsrisiko Allergie und die Rolle der Baumpollen, Jahrbuch der Baumpflege 22. Jhg., S. 113 -116 (2018).
- [10] Günther, E., Schütte, H. Erntezeit im Harz: Tannenhäher und Haselnüsse, Der Falke 11, S. 28 – 29 (2018).
- [11] Petercord, R. *Phyllosticta coryli* als Krankheitserreger an Baumhasel ?, AFZ – Der Wald 12, S. 46 (2016).
- [12] Kreckl, W., Probst, S. Ist der Anbau von Haselnüssen zur Fruchtgewinnung in Bayern wirtschaftlich möglich ? Abschlussbericht Forschungsvorhaben A/06/10, Teilbereich Pflanzenschutz LfL (2014).
- [13] Kehr, R., Schumacher, J. Neue Schadsymptome an Baum-Hasel, TASPO Baumzeitung 2, S. 27 – 29 (2014).
- [14] Blaschke, M. Baumhasel mit massiven Blattverlusten, LWF aktuell Nr. 101, S. 41 (2014).
- [15] Schmidt, O. Biotische Schäden an Baum-Haseln (*Corylus colurna*) – eine aktuelle Einschätzung, Jahrbuch der Baumpflege 24. Jhg., S. 356 -360 (2020).
- [16] Bellmann, H. Geheimnisvolle Pflanzengallen, Quelle & Meyer, 312 S (2012).

REX I: ARBRES NON-INDIGENES A TRENTE

Giovanna ULRICI, Gala CARANNANTE, Olga PARIS

La ville de Trento possède un patrimoine arboricole d'une importance considérable, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Les nombreuses espèces végétales présentes sur le territoire rendent la ville accueillante et plus vivable, notamment d'un point de vue écologique. L'organisme responsable de l'entretien et de la maintenance des espaces verts de Trento est le Bureau des parcs et jardins, un département du Service de gestion des routes et des parcs. Fin 2017, la ville a initié un recensement du patrimoine arboricole en termes d'arbres bordant les avenues et poussant dans les parcs et jardins publics. Ce recensement a identifié plus de 270 espèces d'arbres - un nombre élevé pour un espace public urbain, faisant de Trento une ville riche en espèces et en variétés.



Localisation de la ville de Trento

Les principales actions entreprises par la municipalité de Trento sont les suivantes :

- Réalisation du recensement SIG incluant le catalogage des spécimens d'arbres urbains.
- Partage du cadre législatif, réglementaire et de gestion local relatif aux ANI dans la zone municipale avec d'autres institutions gérant la végétation.
- Identification de deux sites pour la conception et la mise en œuvre d'actions pilotes ALPTREES.
- Enquête qualitative initiale sur l'état général des habitats et analyse agronomique spécifique d'une zone Natura 2000.
- Activités éducatives pour les écoles et les citoyens.
- Développement de laboratoires de biodiversité dans les espaces verts urbains de Trento sur la base du matériel pédagogique développé dans le cadre du projet ALPTREES.
- Adhésion à une campagne d'ONG pour la requalification et la protection du territoire et l'adaptation au changement climatique. Grâce à ce programme de reforestation

urbaine, 2000 arbres seront plantés dans les zones pilotes.

- Création de contenus de communication pour la présentation du projet ALPTREES et l'utilisation de l'application iNaturalist.



Figure 1: Utilisation de l'application iNaturalist pour l'identification des végétaux.

Les actions pilotes réalisées dans la ville de Trente ont eu lieu dans deux endroits différents:

- **Dans l'action pilote 1** relative au parc Gocciadoro, l'analyse a montré que la meilleure approche était d'essayer de conserver les espèces d'arbres originales et de contenir les espèces non indigènes.
- **Dans l'action pilote 2** relative au quartier de Canova, une zone fortement urbanisée, l'introduction d'espèces non indigènes a été jugée bénéfique, car elles sont plus résistantes au changement climatique et à la pollution.

Le parc Gocciadoro possède une valeur environnementale considérable. Avec plus de 20 hectares, il est le plus grand espace vert de la zone périurbaine de Trente et, grâce à son extraordinaire richesse en arbres, il est partiellement protégé en tant que zone de conservation "Natura 2000". Il s'agit également d'une zone spéciale de conservation au sens de la directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels et semi-naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages pour la protection des habitats des espèces animales et végétales.

Le site représente un noyau résiduel de forêt mésophile à feuilles caduques (*Carpinus betulus* et *Quercus robur*) au sommet d'une colline, un type de végétation en déclin dans tout l'espace alpin.

Afin d'analyser les dynamiques en cours et de planifier la stratégie optimale des interventions de gestion dans le parc, un "Plan de gestion et de surveillance de la propagation des espèces envahissantes dans le parc de Gocciadoro" a été élaboré. Les principales dynamiques détectées lors de l'étude de la zone du parc sont les suivantes :

Invasion par le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), particulièrement agressif, notamment dans les zones de châtaigniers ;

- Invasion par d'autres espèces allochtones ornementales, dont certaines sont presque naturalisées (roseaux de bambous ; renouvellement des palmiers) ;
- La pression anthropique ;
- L'instabilité du sol dans les sections à forte pente.

The following management activities are therefore recommended : controlling of the black locust and tree of heaven (*Ailanthus altissima*) populations and progressive reduction of alien species ; enhancement and conservation of mesophilic and mesohygrophilous broad-leaved trees, in particular English oak, beech, and oak, enhancement of some individuals of black and white hornbeam ; conservation/enhancement of rocks with steppe vegetation and adjacent forest areas ; mitigation of the causes of deterioration (anthropization, instability).

Les activités de gestion suivantes sont donc recommandées : contrôle des populations de criquet pèlerin et d'Ailanthé (*Ailanthus altissima*) et réduction progressive des espèces exotiques ; valorisation et conservation des feuillus mésophiles et mésohygrophiles, notamment le chêne anglais, le hêtre et le chêne, valorisation de quelques individus de charme noir et blanc ; conservation/valorisation des rochers à végétation steppique et des zones forestières adjacentes ; atténuation des causes de dégradation (anthropisation, instabilité).

Les activités dans la zone de Canova ont inclus le lancement du projet CO₂ - Open Park avec la plantation d'espèces non indigènes. Situé à proximité d'une banlieue manquant d'espaces verts publics, ce parc se développera lentement sur une parcelle de terre non cultivée avec de l'eau stagnante. Le CO₂ - Open Park est destiné à l'entretien coopératif par le biais de la participation des habitants de la ville ; il fournira également une formation et des informations sur les avantages de la verdure pour atténuer les effets du changement climatique et promouvoir des projets et des initiatives économiques visant spécifiquement les jeunes citoyens (activités dans le secteur de l'entretien et de revégétalisation, activités didactiques, activités d'animation).

Cette activité a été combinée avec une série de plantations dans les fragments publics non cultivés, en partie sous forme de jardins de pluie, avec des interventions spécifiques comprenant le remplacement et l'intégration d'arbres.

La proposition globale consiste à accroître le patrimoine vert de la ville et à lancer une campagne éducative sur les avantages des arbres indigènes et non indigènes pour atténuer les effets du changement climatique et l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes (vent fort combiné à des précipitations irrégulières ou intenses, sur des arbres affaiblis par des saisons d'automne et de printemps inhabituellement sèches ou soumis à un stress thermique dans des contextes d'îlots de chaleur) dans l'environnement urbain. Les données climatiques des dernières décennies ont été analysées dans le but de planifier des activités de plantation d'arbres appropriées.

La plantation d'espèces non indigènes dans la zone de Canova sert de premier élément d'une méthodologie de conception qui sera reproduite dans d'autres parties de la ville. L'objectif du projet est d'améliorer la zone de Canova en proposant des projets sociaux, environnementaux, éducatifs et expérimentaux favorisant la fourniture de services écosystémiques ainsi que la participation des citoyens - en d'autres termes, en rendant les éléments de naturalité, de ruralité, de durabilité environnementale, de socialité, d'inclusion, de résilience, de citoyenneté active et de bien-être physique et mental accessibles à tous dans l'environnement urbain.

Le résultat principal est un parc fonctionnant comme un centre de rencontres, de soutien et d'éducation sociale et environnementale pour les familles et les citoyens du quartier grâce à la planification et à la mise en œuvre d'activités de participation sociale. Le bénéfice attendu du projet est la satisfaction des besoins mentionnés ci-dessus en impliquant les citoyens, les familles, les écoles du quartier et diverses associations. Il vise à créer un centre vivant et actif de valorisation sociale, éducative et environnementale, de recherche et d'expérimentation dans le domaine des modes de vie et des établissements urbains durables - une oasis où les citoyens peuvent entrer en contact avec la nature, un laboratoire de citoyenneté active et de subsidiarité, et un espace pour les familles.

La pratique actuelle dans de nombreux milieux urbains consiste à encourager la plantation d'espèces indigènes, en invoquant leur adaptation aux conditions locales ainsi que l'obligation de maintenir la biodiversité et une base génétique indigène. Cependant, les espèces indigènes ou naturalisées peuvent ne pas être en mesure de s'adapter au changement climatique, surtout si l'on considère son rythme croissant. L'approvisionnement en plantes provenant de régions dont le climat est similaire aux conditions prévues pour les zones alpines dans les études peut offrir une solution ; cependant, il faut veiller à ce que les plantes appropriées soient sélectionnées afin de minimiser les risques associés. Outre le changement climatique, d'autres facteurs doivent également être pris en compte pour s'assurer que la plantation est effectuée de manière appropriée en termes de lieu, de temps et de techniques.

En général, les critères à suivre pour choisir les espèces d'arbres à planter sont influencés par le changement climatique et divisés en trois grandes catégories : la conception, les caractéristiques du site et la gestion de l'entretien. Plus précisément, les facteurs à prendre en compte dans le cas des arbres destinés aux rues et aux parcs urbains sont la réaction des espèces respectives à la taille, la stabilité, la résistance aux maladies, l'adaptation au sol, la tolérance au soleil et à l'ombre, et l'absence de parasites catastrophiques. Dans le scénario actuel du changement climatique, les ANI - s'ils sont correc-

tement sélectionnés, étudiés et gérés - constituent le choix le plus approprié pour les espaces verts urbains.

En conclusion, les actions pilotes dans la ville de Trente ont eu lieu dans le contexte de deux plans de gestion différents pour les espèces non indigènes sur le territoire.

Dans la zone d'action pilote 1 (Parc Gocciadoro), les principales activités étaient la surveillance et le confinement des espèces non indigènes, puisque le parc est une zone protégée et que l'objectif principal de l'action pilote était de conserver les habitats naturels et de protéger les espèces indigènes.

Dans la zone d'action pilote 2 (Canova), en revanche, des espèces d'arbres non indigènes ont été plantées, car la zone est située dans un environnement fortement urbanisé où les espèces non indigènes offrent de plus grands avantages et fournissent de nouvelles opportunités, contribuant à rendre la verdure urbaine plus résistante au changement climatique.

À Trente, comme ailleurs, il n'existe pas de méthode unique pour la gestion des espèces non indigènes ; au contraire, chaque programme de gestion doit être conçu et mis en œuvre sur la base d'une analyse des risques et des avantages pour la zone concernée.



Figure 2: Sentier de randonnée dans le parc de Gocciadoro.

REX II: OPTIMISER L'AVENIR DE LA FORET URBAINE A KLAGENFURT

Regine HRADETZKY

Le changement climatique est devenu un fait incontestable ces dernières années, avec l'augmentation des températures moyennes et leurs effets de grande portée perceptibles dans divers contextes. Le climat des zones urbaines diffère généralement de celui des zones périurbaines en raison de leur structure, des matériaux accumulant la chaleur dont elles sont construites, de la chaleur supplémentaire qu'elles génèrent par les systèmes de chauffage, les gaz d'échappement des industries et des véhicules, etc. et de la vitesse réduite du vent. Connue sous le nom d'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU), cette circonstance signifie que les températures dans les centres densément construits peuvent être jusqu'à 10 K plus élevées que dans leur environnement périurbain.^[1] Combinée aux vagues de chaleur estivales, cette situation peut rapidement devenir dramatique.

La hausse des températures observée ainsi que le nombre croissant de journées chaudes ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) ont un impact sérieux sur la qualité de la vie urbaine et peuvent même avoir un effet négatif sur le bien-être et la santé des personnes. Les tentatives viables pour contrer les effets de l'ICU d'une ville peuvent inclure l'augmentation de la réflectivité et de l'albédo des surfaces urbaines comme les toits, les murs ou les trottoirs, la réduction de la surface imperméabilisée en général, et l'utilisation des effets de refroidissement de l'augmentation du flux de chaleur latente et de l'évaporation en favorisant les eaux libres et la végétation en centre-ville. Dans ce contexte, le développement et l'entretien de ce que l'on appelle "la trame verte et bleue" d'une ville joueront un rôle crucial dans l'adaptation au changement climatique urbain.



Localisation de la ville de Klagenfurt

La trame verte urbaine

La végétation urbaine est très variée. Elle représente principalement la somme de tous les espaces verts tels que les parcs publics, les jardins privés, les terrains de sport et les cimetières, ainsi que les structures linéaires de liaison comme les rangées d'arbres en bordure de route, les arbres isolés de formation, les haies ou les forêts reliques de plaine inondable le long des ruisseaux et des rivières. Toutes ces structures et entités forment ensemble la "trame verte" d'une ville, qui fait la transition avec les environnements suburbains et périurbains en bordure de la ville, avec leurs différents schémas d'implantation et la prédominance des espaces verts et des forêts.

Comment sauvegarder les services écosystémiques de la végétation urbaine ?

La trame verte est multifonctionnelle et, comme toute présence naturelle de végétation, elle fournit aux habitants des villes des services écosystémiques qui sont souvent considérés comme acquis. Parmi ces services, la purification de l'air en filtrant la poussière et les polluants, l'augmentation de l'oxygène et la fixation du dioxyde de carbone dans la biomasse, la fourniture d'expériences récréatives et naturelles facilement accessibles, et les fonctions microclimatiques telles que l'influence sur le bilan hydrique local et les températures peuvent être considérées comme les plus importants, en particulier dans les environnements urbains.

Cependant, on peut s'attendre à ce que le changement climatique en cours et les températures urbaines élevées aient également un impact sur la trame verte urbaine en affectant les conditions du site d'une manière qui diminue leur adéquation pour certaines espèces. En conséquence, l'entretien des trames vertes ainsi que la fourniture continue de leurs services écosystémiques bénéfiques peuvent devenir incertains. À la lumière des développements actuels, il est donc grand temps de développer des stratégies visant à accroître la résilience du réseau vert d'une part (par exemple en trouvant des compositions d'espèces alternatives pour les peuplements existants et en garantissant leur existence à long terme), et à développer de nouveaux peuplements et structures vertes supplé-

mentaires afin de compléter stratégiquement la trame verte urbaine d'autre part. Ceci est d'autant plus important que les projections prévoient que plus des deux tiers de la population mondiale vivront dans les villes d'ici 2050^[2], et qu'une attention particulière doit être accordée à la gestion des effets urbains du changement climatique afin de développer et de créer des environnements urbains vivables fournissant tous les services dont les humains ont besoin pour leur bien-être.

Alors que le rôle et l'importance des forêts urbaines étendues et anciennes, bien fréquentées, bien gérées et essentielles pour les loisirs urbains ont déjà été étudiés, on s'est moins intéressé au rôle des friches vertes urbaines involontaires, comme les zones rurales abandonnées ou les parcelles qui sont restées inutilisées, non développées et laissées aux processus de succession naturelle pendant plusieurs décennies. Ces friches urbaines ou ces peuplements abandonnés présentant une composition spontanée d'espèces sont généralement assez petits, regorgent souvent d'espèces ANI et n'existent habituellement que pendant quelques années avant que les prix attractifs des terrains et les activités de construction ne l'emportent sur tout autre intérêt potentiel. Cependant, certains de ces sites peuvent être considérés comme des forêts à part entière aujourd'hui ; ils représentent des éléments précieux de la trame verte au sein de zones densément bâties, et leur contribution probablement précieuse à la mosaïque microclimatique urbaine et à d'autres fonctions et services écosystémiques mérite d'être montrée et prise en compte.

La situation à Klagenfurt

Au cours des années 2018 à 2020, le projet international "Adaptation au changement climatique urbain pour les villes autrichiennes : Urban Heat Islands "^[3] a utilisé un modèle de climat urbain pour étudier la situation locale à Klagenfurt, en Carinthie, et a élaboré des projections climatiques futures pour deux voies de concentration représentatives, RCP 4.5 (diminution des émissions après 2040 selon l'objectif de Paris) et RCP 8.5 (scénario le plus défavorable). Plusieurs mesures d'adaptation ont également été simulées. Les résultats montrent que par rapport à la période récente (période de référence 1971 à 2000), le nombre de jours chauds

annuels moyens (HD, $T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) augmentera d'environ 7,4 à 19,3 HD/a (RCP 4.5) respectivement à 20,1 HD/a (RCP 8.5) dans la période de 2021 à 2050. La perspective à long terme pour les années 2071 à 2100 prévoit 25,0 HD/a (RCP 4.5) respectivement 48,1 HD/a (RCP 8.5), montrant clairement le besoin urgent de mesures de compensation urbaines futures.

En référence à la période 1981 - 2010, le nombre annuel moyen de jours chauds (HD, $T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) était de 12,5 HD/a avec une fourchette entre la périphérie verte et le centre-ville de 2 à 21 HD/a. Une simulation de plusieurs scénarios d'adaptation a montré que le nombre de jours chauds peut être réduit au mieux par des mesures dites de "ville blanche" (doublement de l'albédo des toits, des murs et des rues) combinées à des mesures dites de "ville verte" (augmentation de 50 % de la surface des toits verts, augmentation de 50 % du nombre d'arbres, diminution de -30 % des zones étanches et des zones perméables non végétalisées), tandis que la réduction maximale réalisable a été estimée à -9,2 HD/a (44 %), la réduction moyenne à -4,5 HD/a (36 %).

Optimisation de trois peuplements forestiers urbains

Sur la base des résultats de l'enquête "Adapt UHI" et en utili-



Figure 1: (a) Kreuzbergl (30.12 ha), (b) Schachterlwald (3.28 ha), (c) Forstgarten (0.87 ha).

sant un modèle urbain similaire avec une résolution plus élevée (grille de 20 m x 20 m), nous avons tenté de déterminer dans quelle mesure trois peuplements forestiers urbains peuvent contribuer à réduire la chaleur et le nombre de jours d'été à une échelle très locale.

En se concentrant sur les trois zones pilotes Kreuzbergl (30,12 ha), Schachterwald (3,28 ha) et Forstgarten (0,87 ha), les principales questions étaient les suivantes :

1. Jusqu'à quelle distance des peuplements forestiers peut-on percevoir leurs effets ?
2. Qu'est-ce qui changerait si les peuplements forestiers étaient abattus ?
3. Quel effet pourrait-on obtenir en boisant deux autres sites proches, également situés dans une zone urbaine dense ?

Les peuplements forestiers ont également été cartographiés et, sur la base des résultats et des facteurs de changement climatique prévus, des mesures de gestion ont été recommandées en mettant l'accent sur la sauvegarde à long terme de ces peuplements contre les conditions climatiques changeantes attendues, qui peuvent également inclure certaines espèces ANI après un processus d'évaluation.

Références

- [1] Landsberg, H. The urban climate. International Geophysics Series, Vol. 28. Academic Press New York. Zit. bei Sukopp, H. und R. Wittig (Hrsg.): Stadtökologie. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York, 1993. 117 s. (1981).
- [2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations. (2019).
- [3] See, L., et al. Urban Climate Change Adaptation for Austrian Cities: Urban Heat Islands (ADAPT UHI). Austrian Climate Research Programme 2017.
<https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/B769957-ACRP10-ADAPT-UHI-KR17AC0K13693-EB.pdf> (2020).

REX III: GESTION DES ARBRES A MARIBOR

Živa BOBIČ ČERVEK

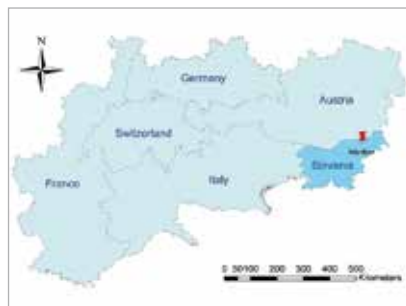
Les photographies aériennes de la ville de Maribor révèlent de nombreux espaces verts. Les forêts couvrent environ 36 % du territoire municipal, les zones naturelles protégées et les sites Natura 2000 représentent ensemble près de 16 %, tandis que les parcs et autres espaces verts représentent plus de 5 % de l'ensemble du territoire. Environ 112 000 personnes vivent sur les 147 km² de la ville.

Tous les espaces verts de la ville sont numérisés dans le système d'information géographique municipal, qui est actuellement en cours de préparation pour une mise à jour qui sera achevée en 2021. La nouvelle base de données comprendra un cadastre des arbres incluant tous les attributs importants nécessaires à l'entretien.

Le département des services municipaux, du trafic, de l'environnement et de l'aménagement du territoire supervise l'entretien de tous les espaces verts publics. Les concessions d'entretien sont actuellement accordées à deux entreprises : L'une s'occupe des parcs et l'autre entretient les avenues bordées d'arbres et les espaces verts en bordure de route. Des directives prescrites et des recommandations d'experts sont utilisées par les services compétents et les entrepreneurs pour planifier, choisir, planter et entretenir les plantes ligneuses et les plantes vivaces. Chaque année, jusqu'à 300 nouveaux arbres sont plantés dans les espaces publics.

L'un des plus grands défis auxquels la ville est confrontée est l'entretien et la gestion du plus grand parc - le parc de la ville avec son large arrière-pays, qui est exigeant et génère des coûts élevés pour plusieurs raisons :

- La partie la plus ancienne du parc a été conçue en 1872. Depuis lors, 120 espèces d'arbres différentes ont été plantées, tandis que certains des arbres existants datent encore des débuts du parc.



Localisation de la ville de Maribor

- Le parc est soumis à une pression considérable en raison de sa proximité avec le centre-ville : des événements, des pique-niques et des promenades interdites en milieu naturel y sont régulièrement organisés.
- Les environs génèrent des interactions typiques et uniques avec le parc : on y trouve des forêts naturelles et des vignobles, ce qui exige des approches de gestion différentes dans des zones qui doivent être adaptées à diverses fonctions de protection, de loisirs et d'esthétique.

Le département des services de protection de l'environnement de l'administration municipale de Maribor prend soin de 44 arbres protégés par un décret municipal de 1992 en raison de leur âge, de leur portée, de leur site de croissance ou de leur rareté. Les institutions publiques compétentes pour la protection du patrimoine naturel et culturel délivrent toutes les autorisations nécessaires pour l'intervention et la gestion. Au cours des dernières années, des panneaux d'information présentant des informations sur les différents arbres ainsi que leur histoire et leurs caractéristiques ont été installés. Parmi les 15 espèces d'arbres protégés, le plus fréquent est le *Taxus baccata*. Comme ils sont plantés régulièrement autour



Figure 1: Vue du parc de la ville avec son arrière-pays plus large – 3D model
(Source: Geographical Information System and Data Processing Section at Municipality of Maribor).



Figure 2: *Acer negundo* est l'une des nombreuses espèces végétales non indigènes du parc de la ville.

des maisons et dans la campagne vallonnée depuis plus de 300 ans, ces arbres comptent parmi les plus grands représentants de leur espèce en Slovénie. D'autres espèces d'arbres moins courantes méritent d'être mentionnées, notamment le *Sorbus domestica* dans les montagnes de Kozjak, le *Sorbus austriaca* dans les montagnes de Pohorje et un grand *Paulownia tomentosa* dans la ville de Maribo.

La gestion des espèces végétales non indigènes relève également de la responsabilité du département des services de protection de l'environnement. Depuis 2017, des inventaires des espèces végétales non indigènes ont été réalisés pour la zone de la ville, les forêts urbaines et périurbaines, les rives de la Drave et les zones naturelles protégées (éléments naturels, sites Natura 2000). En 2020, ces inventaires ont été réalisés dans le cadre du projet ALPTREES dans des zones sélectionnées dans quatre types de paysages différents. Au cours des dernières années, huit espèces d'arbres non indigènes ont été ajoutées à la liste d'inventaire. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous.

La ville est actuellement confrontée à une population relativement faible d'espèces d'arbres non indigènes qui ont été identifiées comme envahissantes et qui pourraient encore être éliminées avec succès. Afin d'empêcher leur propagation,

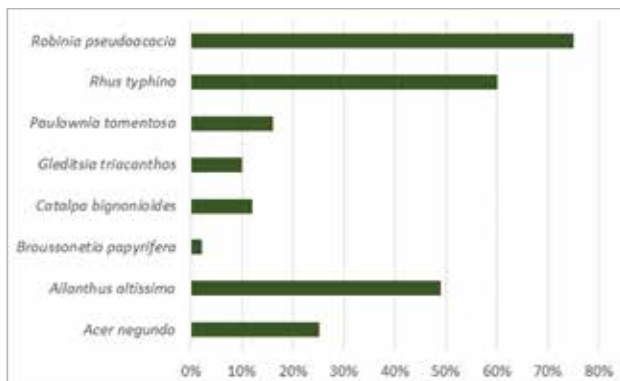


Figure 3: Présence d'espèces individuelles d'arbres non indigènes dans les zones sélectionnées (% de toutes les zones d'inventaire).

des efforts devraient être faits pour retirer les spécimens les plus anciens en particulier, puisque nos résultats montrent qu'ils représentent l'origine de l'expansion. Cependant, l'élimination des plantes invasives devrait rester concentrée sur les zones de protection de la nature afin de préserver les plantes autochtones. La sensibilisation du public et l'amélioration de la reconnaissance des espèces végétales envahissantes permettent de réduire l'élimination de matériel végétal vert dans la nature et contribuent à un achat plus réfléchi des plantes.

REX IV: PERCEPTION DU DOUGLAS PAR LES VISITEURS A FREIBURG

Katharina ABLER, Kristina WIRTH, Anja BINDEWALD,
Tina GERSTENBERG

Introduction

Les forêts urbaines sont précieuses pour les habitants des villes car elles offrent d'excellentes possibilités de loisirs. Cette valeur récréative des forêts est en partie due à l'attrait perçu des arbres.^[1] Cependant, on sait peu de choses sur la perception visuelle et les connaissances sur les différentes espèces d'arbres, en particulier en ce qui concerne les espèces d'arbres non indigènes controversées qui sont considérées à la fois comme utiles et envahissantes.^[2] Le Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (Fig. 1) originaire d'Amérique du Nord, par exemple, couvre 13% de l'ensemble de la zone forestière urbaine de la ville de Freiburg dans le sud-ouest de l'Allemagne^[3] (Fig. 1, 2). D'une part, l'espèce est considérée comme envahissante en Allemagne car elle s'est répandue dans des zones à haute valeur de conservation. D'autre part, son importance dans les forêts pourrait augmenter à l'avenir, car elle est considérée comme une alternative appropriée à l'épicéa commun dans les conditions de changement climatique prévues^{[4][5]}. Dans le contexte de cette dichotomie, la connaissance de la perception du Douglas par les visiteurs des forêts peut faciliter la prise de décision dans la gestion des forêts urbaines. Entre autres facteurs, la perception de cette espèce d'arbre non indigène peut être façonnée par le contexte socioculturel, la connaissance des risques et des avantages, et les préférences esthétiques. L'objectif de cette étude était d'examiner comment le Douglas est perçu par les visiteurs de la forêt en utilisant la forêt urbaine de Freiburg (Stadtwald) comme lieu d'étude de cas.



Localisation de la ville de Freiburg



Figure 1: Douglas dans la zone forestière urbaine de la ville de Freiburg, dans le sud-ouest de l'Allemagne.



Figure 2: La partie montagneuse de la ville de Freiburg située dans la région de la Forêt-Noire, dans le sud-ouest de l'Allemagne.

Méthodologie

La perception et les connaissances sur le Douglas dans la forêt de la ville de Freiburg ont été évaluées en interrogeant les visiteurs de la forêt en ligne. Tout d'abord, en plus des informations sociodémographiques, les participants ont été interrogés sur leur niveau d'éducation concernant l'espèce. Ensuite, les espèces d'arbres poussant en abondance dans la forêt urbaine - y compris le Douglas - ont été présentées individuellement sur des photos à l'aide d'un formulaire standardisé avec un fond invariable. Les participants ont évalué les arbres en fonction de leur préférence (visuelle). En outre, plusieurs paires d'adjectifs bipolaires concernant la "préférence", la "beauté", la "stabilité" et l'"origine" ont été fournies pour évaluer les arbres individuels sur une échelle de 11 points. Par exemple, dans la section "origine", les participants devaient évaluer leur perception de chaque espèce d'arbre, de l'indigène (1 point) à l'étranger (11 points). Ensuite, les participants devaient répondre à des questions concernant les avantages socio-économiques et les impacts environnementaux (positifs et négatifs) des principales espèces d'arbres de la forêt urbaine, à savoir l'épicéa commun (*Picea abies*), le Douglas, le sapin pectiné (*Abies alba*), le hêtre européen (*Fagus sylvatica*) et les chênes (*Quercus petraea*, *Q. robur*). L'enquête en ligne comprenait également une question ouverte sur les aspects que les participants aimaient ou n'aimaient pas dans l'apparence du Douglas. Enfin, il leur a été demandé de cartographier les zones forestières de Fribourg qu'ils apprécient particulièrement.

Résultats et discussion

La plupart des participants (y compris les profanes) ont correctement identifié le Douglas et ont donc fait preuve des connaissances nécessaires pour le percevoir comme tel dans la forêt. D'après les évaluations des images, le Douglas est visuellement préféré à l'épicéa et perçu comme significativement plus beau que les autres conifères. Dans l'ensemble, cependant, les arbres à feuilles caduques ont été préférés aux conifères. Les participants ont particulièrement apprécié les grands Douglas avec des troncs de grandes dimensions. Les Douglas sont également communs dans les endroits de

la forêt municipale qui ont été cartographiés comme zones préférées par les participants. On peut donc supposer que cette espèce est perçue comme un élément constitutif de la forêt urbaine. Le fait qu'environ la moitié des participants aient perçu le douglas comme "plutôt pas étranger" ou "pas du tout étranger" va dans le sens de cette observation. D'un point de vue économique, le douglas est mieux perçu que l'épicéa commun et le sapin pectiné. En accord avec cela, la tolérance du douglas à la sécheresse, la valeur de son bois et sa résistance aux insectes nuisibles sont perçues comme plus élevées par rapport à l'épicéa commun et au sapin pectiné. Si les experts attribuent notamment au douglas une performance élevée en matière de protection du climat, ils l'évaluent de manière relativement critique d'un point de vue écologique, par exemple en ce qui concerne l'impact perçu sur la biodiversité indigène.

Conclusion

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que le Douglas est bénéfique pour la valeur esthétique des forêts urbaines. Cependant, pour répondre aux préoccupations concernant les éventuels impacts négatifs sur la biodiversité indigène et maintenir une valeur récréative élevée, les gestionnaires de forêts peuvent continuer à cultiver le Douglas en mélange avec d'autres espèces d'arbres.^[6]

Références

- [1] Gerstenberg T, Hofmann M (2016) Perception and preference of trees: A psychological contribution to tree species selection in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening* 15:103-111 doi:<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.12.004>.
- [2] Shackleton RT et al. (2019) Explaining people's perceptions of invasive alien species: A conceptual framework. *J Environ Manage* 229:10-26 doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.045>.
- [3] Schmalzfuss, N. and Vitcova, L. 2016 Douglas-fir in Freiburg City Forest: an introduced tree species in the light of multifunctional management objectives. In *Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges*. F. Krumm and L. Vitcova (eds.), European Forest Institute, Freiburg, Germany, pp. 320-329.

- [4] 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 doi:[10.1007/s40725-020-00129-0](https://doi.org/10.1007/s40725-020-00129-0) (2020).
- [5] Vor, T., Nehring, S., Bolte, A. and Höltermann, A. 2016 Assessment of invasive tree species in nature conservation and forestry - contradictions and coherence. In Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges. F. Krumm and L. Vitcova (eds.), European Forest Institute, Freiburg, Germany, pp. 148-156.
- [6] Wohlgemuth T, Moser B, Pötzelsberger E, Rigling A, Gossner MM (2021) Über die Invasivität der Douglasie und ihre Auswirkungen auf Boden und Biodiversität. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 172:118-127 doi:[10.3188/szf.2021.0118](https://doi.org/10.3188/szf.2021.0118) (2021).

REX V: DISSEMINATION NATURELLE DES ARBRES NON INDIGENES DES PARCS URBAINS AUX FORETS GEREEES PREDDVOR

Aleksander MARINŠEK, Ana DOLENC

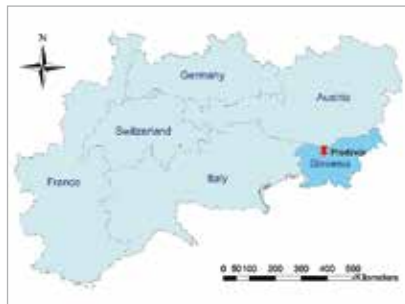
Introduction

La plupart des arbres non indigènes (ANI) de l'espace alpin se trouvent dans les zones urbaines, principalement dans les parcs et les jardins privés. Ces parcs et jardins représentent donc des réservoirs d'espèces d'arbres non indigènes à partir desquels les ANI peuvent se propager dans les écosystèmes voisins tels que les prairies et les forêts. Certains ANI plantés ne persistent que temporairement en tant qu'occasionnels dans la nouvelle zone, tandis que d'autres peuvent surmonter les barrières abiotiques et reproductives locales pour établir des populations autosuffisantes.^{[1], [2]}

L'objectif de cette étude était de recenser le nombre et la quantité d'ANI dans une zone où de nombreux ANI sont plantés. En outre, nous avons l'intention d'estimer la pression potentielle des propagules d'ANI et leur dissémination dans la forêt naturelle gérée voisine.

Méthodologie

L'étude a été menée dans une forêt urbaine gérée dans la ville de Preddvor, qui fait partie de la municipalité de Preddvor située dans la zone centrale de la région de Gorenjska en Slovénie. Les forêts couvrent plus de 74% de la municipalité. Preddvor est une ancienne petite ville, mentionnée pour la première fois dans les sources écrites en 1147 sous le nom de Niwenhouen. Elle est délimitée par la rivière Kokra et le lac Črnava et par 4 châteaux - le château de Preddvor,



Location of the City of Preddvor



Figure 1: : Vue aérienne du château de Hrib et du parc environnant.

le château de Pusti, le château de Hrib, le château de Turn. Sur la base des données existantes et de la connaissance experte de la région, nous avons décidé d'étudier le parc entourant le manoir médiéval connu sous le nom de château de Hrib, où des ANI ont été plantés par les anciens propriétaires (zone A sur la figure 3). Ils ont réuni une collection de diverses espèces d'arbres exotiques et indigènes, la plupart étant des conifères (*Sequoiadendron giganteum*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus strobus*, *Thuja occidentalis*, etc.), avec un plus petit nombre de feuillus (*Fraxinus americana*, *Quercus rubra*, etc.).

Nous avons examiné les données existantes sur les ANI dans la municipalité en utilisant l'application Invazivke.si, un système d'information sur les espèces non indigènes qui comprend des données recueillies par le biais de la science

citoyenne ainsi que plusieurs sources nationales. La base de données et l'application ont été développées par le projet Life Artemis.^[3] Comme les données obtenues à partir de cette source étaient rares, nous avons décidé de mener une enquête sur place sur les ANI existantes. Nous avons recensé tous les ANI du parc, en les séparant en quatre classes de hauteur afin d'estimer leur rajeunissement naturel. Une petite partie de la zone d'étude était entourée d'une clôture et a donc été omise de l'analyse.

Pour l'enquête, nous avons examiné la totalité de la zone sélectionnée du parc (zone A sur la figure 3). Nous avons également inspecté une section voisine de la forêt aménagée (zone B de la Fig. 3) pour détecter toute présence des ANI déterminés ou des signes de leur rajeunissement^[3]. Nous avons enregistré tous les ANI découverts, les avons saisis dans l'application Invazivke.si, et les avons classés en 4 classes

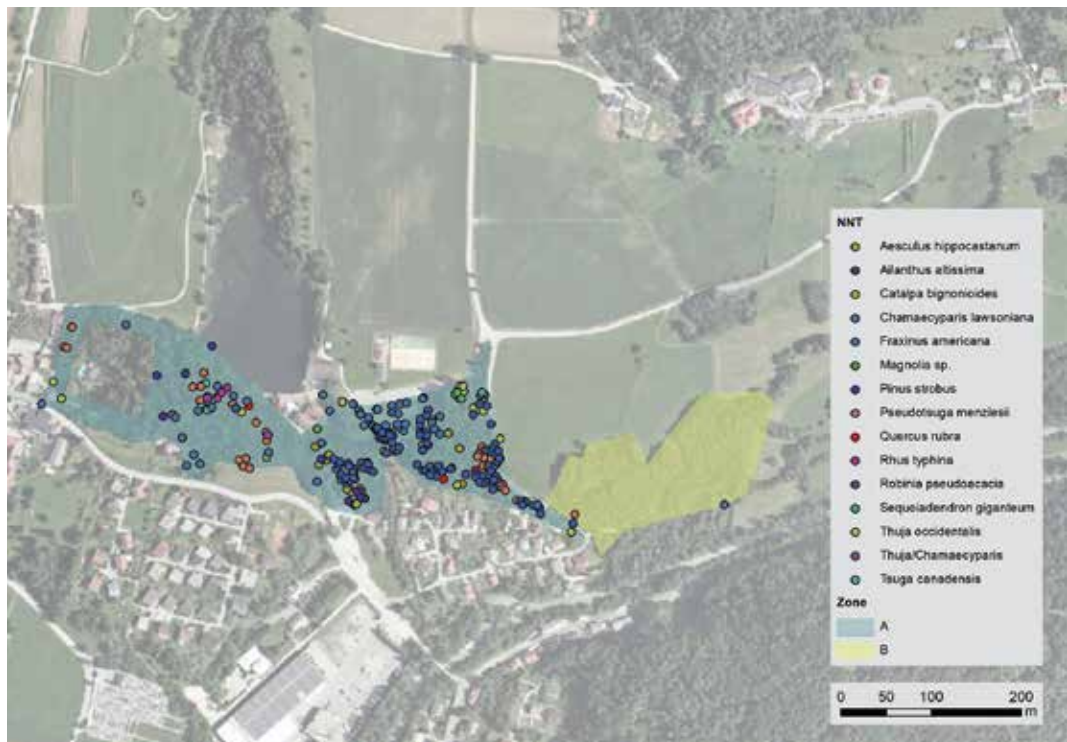


Figure 2 : Photo aérienne de la zone d'étude avec la zone A représentant le parc/la forêt du manoir et la zone B représentant une section de la forêt naturelle gérée voisine. Les points de couleur indiquent les emplacements géoréférencés des ANI découverts.

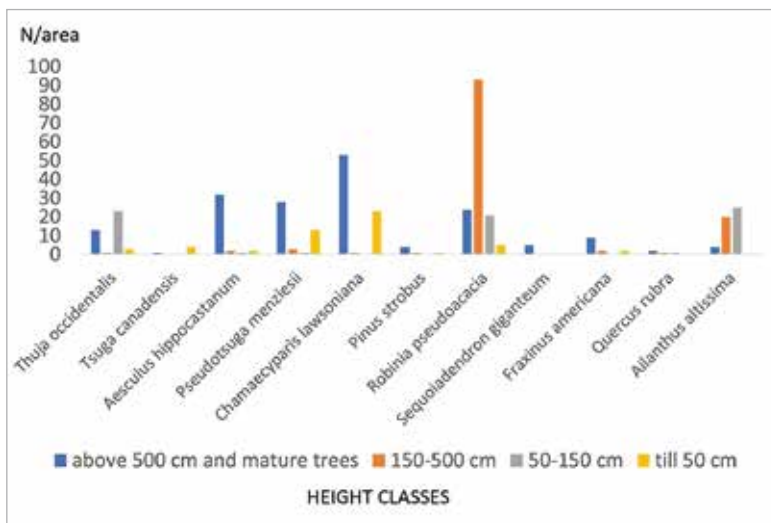


Figure 3: : Occurrence de ANI dans le parc/forêt du manoir divisé en quatre classes de hauteur. Cinq ANI n'apparaissant qu'une seule fois ne sont pas représentés dans le graphique.

de hauteur : jusqu'à 50 cm, de 50 à 150 cm, de 150 à 500 cm, et plus de 500 cm (y compris les arbres matures). Nous avons ensuite utilisé des outils statistiques et ArcGIS pour analyser les données.

Résultats et discussion

La zone d'étude a été divisée en une zone A (5,02 ha) représentant le parc/la forêt du manoir et une zone B (2,37 ha) représentant une section de forêt aménagée (Fig. 3).

Dans la zone A, nous avons découvert 16 espèces différentes de ANI (Fig. 3, Tableau 1) avec un nombre total de 440 individus (Tableau 1). Les plus abondantes étaient *Robinia pseudoacacia*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Ailanthus altissima*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, et *Aesculus hippocastanum* (Tableau 1). Dans la zone B, qui représente la forêt naturelle aménagée voisine composée principalement de *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus* et *Castanea sativa*, nous n'avons trouvé que deux ANI, tous deux des arbres adultes : *Pseudotsuga menziesii* et *Chamaecyparis lawsoniana* (Fig. 3).

Régénération naturelle des ANI:

L'analyse de la régénération naturelle a révélé que certains ANI se régénèrent bien, comme *Robinia pseudoacacia*, *Chamaecyparis lawsoniana* et *Ailanthus altissima* (Fig. 3), tandis que d'autres ne sont présents que sous forme d'arbres adultes (*Sequoiadendron giganteum*, *Magnolia* sp., *Catalpa bignonioides*, *Rhus typhina*, *Clerodendrum trichotomum*) et ne se régénèrent pas.

Conclusions

Notre étude dans l'enceinte du château de Hrib a donné quatre résultats :

1. D'après l'âge et les dimensions estimés des ANI actuels, beaucoup de ces arbres ont été introduits dans le parc du manoir il y a plus d'un siècle (*Chamaecyparis lawsoniana*, *Thuja occidentalis*, *Sequoiadendron giganteum*, et d'autres dans la zone pilote), tandis que certains ont été introduits intentionnellement ou involontairement plus tard (par exemple, *Catalpa bignonioides*, *Magnolia* sp., *Rhus typhina*, *Clerodendrum trichotomum*).
2. Certains ANI de la zone d'étude ne se régénèrent pas naturellement (p. ex. *Catalpa bignonioides*, *Clerodendrum trichotomum*) ou présentent des signes de vitalité décroissante (p. ex. *Sequoiadendron giganteum*, très probablement affaibli par le stress de la sécheresse).
3. Certains ANI connaissent une régénération très intense (par exemple, *Thuja occidentalis*, *Pseudotsuga menziesii*), et certains présentent des signes d'envahissement de la zone d'étude (par exemple, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*).
4. Selon un ensemble diversifié d'espèces d'ANI dans le parc du manoir, nous pourrions nous attendre à une propagation intense des ANI vers la forêt gérée voisine. Au contraire, extrêmement peu de ces espèces ont été trouvées dans la forêt gérée. La raison peut résider dans la gestion de cette forêt.

Nom des ANI	No.
<i>Robinia pseudoacacia</i>	146
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	69
<i>Ailanthus altissima</i>	44
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	44
<i>Thuja occidentalis</i>	43
<i>Aesculus hippocastanum</i>	37
<i>Fraxinus americana</i>	18
<i>Thuja/Chamaecyparis</i>	15
<i>Pinus strobus</i>	6
<i>Sequoiadendron giganteum</i>	5
<i>Tsuga canadensis</i>	5
<i>Quercus rubra</i>	4
<i>Catalpa bignonioides</i>	1
<i>Magnolia</i> sp.	1
<i>Rhus typhina</i>	1
<i>Clerodendrum trichotomum</i>	1
TOTAL	440

Table 1: Liste des ANI trouvés dans la zone d'étude et leur présence en nombre d'individus.

Références

- [1] Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 93–107 (2000).
- [2] Wagner, V., Chytrý, M., et al. Alien plant invasions in European woodlands. *Diversity and Distributions* 23: 969–981 (2017).
- [3] Project LIFE ARTEMIS;
<https://www.tujerodne-vrste.info/en/project-life-artemis/>

UNE SELECTION D'ARBRES NON-INDIGÈNES DES ZONES URBAINES DE L'ESPACE ALPIN

ABIES BORNMUELLERIANA Mattf.



Bornmüller's fir, Turkish fir



Bornmüllerjeva jelka



Bornmüllertanne, Türkische Tanne



Sapin de Bornmüller



Abete di Bornmüller



Main characteristics:

- Extrêmement tolérant à la chaleur et à la sécheresse
- excellent potentiel sylvicole dans le contexte du réchauffement climatique.
- Se développe sur des sols riches en nutriments, profonds et plutôt acides dans son aire d'origine.
- En dehors de son aire de répartition naturelle, il est principalement planté pour produire des « Sapins de Noël » et comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Comme le sapin de Nordmann, *Abies bornmuelleriana* est principalement utilisé pour les arbres de Noël et comme arbuste/ arbre d'ornement dans les parcs et les grands jardins. En Italie, l'espèce est déjà fréquemment plantée le long des routes. La couronne étendue peut constituer un problème, mais son système de racines pivotantes profondes fait qu'il résiste bien aux tempêtes de vent.

Exigences et menaces

Cette espèce préfère les sites riches en nutriments et évite les sols influencés par les eaux souterraines. Elle occupe une position similaire à celle du sapin de Nordmann (*Abies nordmanniana*) dans les communautés forestières et domine son habitat naturel en raison de sa tolérance à l'ombre, notamment dans les derniers stades de la succession écologique. En Turquie, c'est un arbre forestier important en raison de sa croissance rapide et de sa tolérance relativement élevée aux gelées tardives. Il a récemment rencontré des problèmes avec les gelées tardives en Europe. Il peut supporter une chaleur et une sécheresse extrêmes mais ne tolère pas l'humidité stagnante.

Caractère invasif et risques

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

Services écosystémiques

Influence stabilisatrice dans les peuplements à forte densité

Absorbeur naturel de sons et écran sonore le long des routes

Sa bonne croissance, son adaptation à la sécheresse et son débourrement tardif au printemps le rendent intéressant dans la perspective du changement climatique.

Avis d'expert

Le sapin de Bornmüller doit être considéré comme non invasif. Il n'est pas facilement infesté par les ravageurs ou maladies. 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.

ABIES CEPHALONICA Loudon



Greek fir



grška jelka



Griechische Tanne



Sapin de Céphalonie



L'abete di Cefalonia



Main characteristics:

- Se trouve naturellement sur deux îles grecques, Eubée dans la mer Égée et Céphalonie dans la mer Ionienne.
- Appartient à un groupe d'espèces du genre *Abies* présentant le débourrement le plus précoce et la période d'élongation la plus courte.
- Les semis survivent mieux sous la protection relative des arbres plus âgés.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le sapin grec n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Il peut prospérer sur des sols pierreux et dans des crevasses rocheuses. Il est très tolérant à la sécheresse et à la chaleur.

Bien qu'il ne soit pas particulièrement sensible aux champignons ou aux maladies en général, l'engorgement des sols peut souvent entraîner une infestation fongique. Il est également sensible aux scolytes lorsqu'il est stressé par les brûlis ou les tempêtes.

Exigences et menaces

Abies cephalonica est considérée comme l'une des espèces de sapins méditerranéens les plus sensibles au gel, souffrant à des températures inférieures à -15 °C. Il est également vulnérable au feu, car il ne produit pas de cônes sérotineux et ne maintient donc pas de banque de graines dans la canopée lors des feux de forêt estivaux. La capacité de survie des semis est influencée positivement par une couverture végétale fermée, une altitude plus élevée (1 600 m), un sol peu profond et une canopée fermée.

Caractère invasif et risques

D'après la bibliographie, le sapin de Grèce ne semble être envahissant nulle part - au contraire, il est même considéré comme une espèce en danger. Il y a cependant un manque de données en dehors de son aire de répartition d'origine.

Services écosystémiques

Protège les sols méditerranéens sensibles de l'érosion. Convient au boisement des sols karstiques, et a été utilisé à cette fin en Slovaquie, en Croatie et en France.

Avis d'expert

Abies cephalonica est un néophyte naturalisé. Il est utilisé pour des reboisements post-sécheresse sous la forme hybride naturelle *A. borisii-regis* (*A. cephalonica* x *A. alba*) ainsi qu'à des fins ornementales. Il est également souvent soumis à une contamination génétique par d'autres espèces du genre *Abies*. En raison de sa grande tolérance à la chaleur et à la sécheresse, le sapin grec doit être considéré comme un arbre intéressant sur le plan climatique, surtout en période de changement climatique.

ACER NEGUNDO L.



Box elder



ameriški javor, negundovec



Eschen-Ahorn, Eschenahorn



érable à feuilles de frêne



acero a foglie di frassino,
acero americano



Main characteristics:

- Survit bien à l'ombre et atteint une croissance élevée en pleine lumière.
- Il n'est pas recommandé de le planter dans les zones urbaines en raison de son caractère envahissant, de sa croissance rapide, de sa grande couronne et de ses branches fragiles qui peuvent facilement tomber pendant les tempêtes de vent.
- Considéré comme problématique dans de nombreux pays européens.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'érable *negundo* est utilisé à des fins ornementales. Il est considéré comme un agriophyte ou un apophyte potentiellement agressif qui se propage de manière subspontanée dans les habitats riverains et les friches. Il est considéré comme « une mauvaise herbe ». La mesure de lutte conseillée est l'éradication suivie d'un reboisement avec des espèces indigènes. Il est également recommandé de procéder à des annélations annuelles, action qui doit être accompagnées de l'élimination des semis.

Exigences et menaces

Les conditions optimales de croissance sont les sols alluviaux humides, sablonneux et bien perméables. Il peut tolérer les basses températures hivernales, mais il est sensible au vent et à la neige. Il a un avantage compétitif sur les espèces indigènes en raison de son excellente capacité de survie à l'ombre et de sa forte croissance en pleine lumière. Il est également capable de supplanter la végétation indigène grâce à la formation de populations denses et par effets allélopathiques. La ressource en eau semble être le facteur le plus déterminant pour sa survie. Les chercheurs déconseillent de le planter dans les zones urbaines en raison de son caractère envahissant, de sa croissance rapide, de sa grande couronne ainsi que ses branches fragiles qui peuvent facilement tomber pendant les tempêtes.

Caractère invasif et risques

Il est considéré comme problématique 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 les friches agricoles.

Services écosystémiques

Dans certains pays comme le Canada et la Russie, il est apprécié pour son ombre, en tant que brise-vent et pour le contrôle de l'érosion. Ses graines sont une source importante de nourriture pour les rongeurs, surtout sous la couverture nivale en hiver. En raison du mode de semis différé, certaines graines sont presque toujours disponibles pour la germination.

Avis d'expert

Acer negundo est très difficile à escalader (cf. *travaux arboricoles*), car ses branches sont fragiles et cassantes. Il libère de grandes quantités de pollen et adonc un potentiel allergène élevé pendant la période de floraison. C'est un arbre à croissance rapide et à durée de vie assez courte qui peut atteindre jusqu'à 25 m de hauteur. Les pousses sont vertes, souvent recouvertes d'une couche cireuse blanchâtre à rose ou violette lorsqu'elles sont jeunes. Les branches sont lisses et ont tendance à conserver une couleur verte fraîche plutôt que de former une écorce protectrice constituée de tissus morts.

ACER SACCHARINUM L.



Silver maple, creek maple



srebrni javor



Silber-Ahorn



Érable argenté



L'acero saccarino, acero argenteo



Main characteristics:

- Planté dans de nombreuses zones urbaines en raison de sa facilité de transplantation et d'établissement, de son adaptabilité à un large éventail de sites, de sa croissance rapide et de son esthétique visuelle.
- Possède des branches cassantes, il est donc déconseillé de le planter près des maisons et en alignement.
- Potentiel invasif possible en raison de sa croissance rapide et de sa production prolifique de graines.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'érable argenté a été introduit en Europe en 1723 et est aujourd'hui planté comme arbre d'ornement sur tout le continent. Il est souvent utilisé dans les zones urbaines parce qu'il est facile à transplanter et qu'il s'adapte à une grande variété de sites. Il a également une croissance rapide et un impact visuel attrayant. En raison de ses grandes dimensions, il est courant dans les espaces publics et les parcs, le long des avenues, etc. La résistance de ses branches est évaluée comme faible à moyennement faible, son système racinaire est facilement endommageable. Il est donc susceptible d'être endommagé par le vent et la neige s'il n'est pas taillé fréquemment.

Exigences et menaces

Sa croissance est optimale sur sols profonds, humides et bien drainés, mais il peut tolérer d'autres types de sol ainsi que les basses températures, la sécheresse, la pollution atmosphérique et les inondations occasionnelles. C'est le plus photophile de tous les érables. Son point faible sont ses branches frangibles, qui peuvent être dangereuses pendant les tempêtes et les vents forts ou sous une neige abondante ; les plantations à proximité des maisons, et en alignement sont donc déconseillées.

Caractère invasif et risques

Acer saccharinum a été signalé pour la première fois en 2008 comme formant des tâches envahissantes le long des berges des rivières Meuse et Ourthe en Belgique. Ces dernières années, il s'est naturalisé dans les habitats riverains dans diverses parties de l'Europe, par exemple en France et en Allemagne. Une naturalisation supplémentaire, notamment le long des rivières, est très probable dans un avenir proche. Il n'est pas classé comme une espèce invasive.

Services écosystémiques

La sève de l'érable argenté peut être utilisée pour faire du sirop, bien que la teneur en sucre de sa sève soit la plus faible parmi les espèces d'érable utilisées pour la production de sirop.

Avis d'expert

Acer saccharinum n'est pas un élément clé de la sylviculture dans de nombreux pays de l'espace alpin (Allemagne, Hongrie). En raison de sa production prolifique de graines et de sa croissance rapide, il existe un potentiel d'envahissement dans les friches (agricoles, urbaines, industrielles), près des plans d'eau ou des voies de communication. C'est surtout problématique pour les forêts riveraines, qui sont souvent déjà très fragiles. La réalisation d'expérimentations en mélange sous contrôle sont recommandés. À son avantage, cette espèce est affectée par très peu de ravageurs et de maladies, elle peut tolérer la sécheresse et la pollution atmosphérique.

ACER TATARICUM L.



Tatar maple, Tatarian maple



tatarski javor



Tatarischer Steppen-Ahorn



l'Érable de Tartarie



Acero dei tartari



Main characteristics:

- L'aire de répartition indigène s'étend de l'Europe orientale à l'Asie occidentale.
- Houppier irrégulier avec des branches fines ; souvent de forme arbustive.
- Très rustique et tolérant aux conditions défavorables.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'érable de Tartarie serait originaire de Slovénie mais on ne le trouve plus dans les forêts de ce pays. Il est couramment planté comme arbre d'ornement dans l'est de l'Autriche, le sud de la Slovaquie, la Hongrie et dans toute la péninsule des Balkans. Il est considéré comme une espèce ligneuse très importante et convient aux habitats urbains au regard des futures conditions climatiques prévues en Europe.

Exigences et menaces

L'*Acer tataricum* pousse bien dans les sols humides, bien drainés et riches en matières organiques ; il préfère le plein soleil ou les endroits ensoleillés. Il présente une certaine tolérance à la sécheresse, n'est pas très sensible aux insectes ou aux maladies et sa croissance est optimale dans les régions au climat estival frais.

Caractère invasif et risques

Non classé comme une espèce envahissante dans l'Union Européenne. L'érable de Tartarie s'est échappé des zones de plantation et s'est naturalisé par auto-ensemencement dans certaines parties de l'est des États-Unis d'Amérique. Après s'être naturalisé dans certaines parties de la Russie, il s'y est rapidement répandu ces dernières années.

Services écosystémiques

Planté comme brise-vent en Ukraine pour protéger les voies ferrées des tempêtes de neige. Il est également mielifère, et ses feuilles mortes améliorent le sol. Planté individuellement ou en groupe comme arbre d'ornement.

Avis d'expert

Acer tataricum est potentiellement une espèce quelque peu sous-estimée. Il pourrait être utilisé plus souvent comme arbre melioratif, pour la plantation dans les zones dégradées en raison de sa résistance à la sécheresse estivale, de sa tolérance à l'ombre partielle et de certaines propriétés pionnières. Il possède également plusieurs autres caractéristiques utiles et est apprécié comme espèce décorative. En raison de sa forme basse, souvent buissonnante, il n'a jusqu'à présent pas fait l'objet en Europe d'études poussées en ce qui concerne les plantations forestières destinées à la production de bois.

AESCULUS x CARNEA



Red horse-chestnut



rožnati divji kostanj



Rotblühende Rosskastanie



Marronnier à fleurs rouge



Ippocastano rosa



Main characteristics:

- Bonne croissance dans les zones urbaines, même dans les sols compacts et en quantité restreinte.
- Aucun potentiel invasif détecté.
- Un peu fragile et produisant des quantités considérables de litière.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Aesculus x carnea est un bel arbre paysager (parcs, jardin, parking, alignements). Il peut également être planté comme source d'ombrage. La perte du feuillage pendant la saison de croissance en raison des maladies et des insectes peut cependant limiter quelque peu sa valeur. Il se développe généralement avec plusieurs troncs et branches qui s'affaissent au fur et à mesure que l'arbre grandit, de sorte que la taille est nécessaire pour assurer une structure stable. Cependant, une taille trop importante peut exposer l'écorce du tronc au soleil et provoquer des fissures ; il faut donc protéger le tronc en laissant les branches basses sur les petits arbres et en évitant une taille trop importante.

Exigences et menaces

Le marronnier à fleurs rouge préfère les sols humides et fertiles. Il se cultive aussi facilement dans n'importe quel sol moyennement humide et bien drainé, en plein soleil ou à mi-ombre. Une fois établi, il peut être difficile à transplanter en raison de sa racine pivotante profonde. Il n'est pas recommandé comme arbre de rue parce que ses fleurs, fruits, brindilles et feuilles produisent une quantité considérable de dépôts au sol. La lente décomposition de ses feuilles peut-être une source de désagréments à l'automne.

Caractère invasif et risques

Non classé comme invasif en Europe.

Services écosystémiques

Ses fleurs sont miellifère, et ses noix constituent une bonne nourriture pour la faune. Il est souvent planté pour faire de l'ombre.

Avis d'expert

Il n'y a pas de données disponibles sur le caractère envahissant d'*Aesculus x carnea*. Cependant, en raison de son origine génétique, de la germination de ses graines et de ses stratégies de reproduction, il ne semble pas avoir un potentiel invasif important. Parmi les avantages de l'espèce, on peut citer sa bonne résistance à la sécheresse et à la mineuse du marronnier d'Inde (*Cameraria ohridella*) par rapport à *Aesculus hippocastanum*. Ses branches sont fragiles et cassantes.

AILANTHUS ALTISSIMA (Mill.) Swingle



Tree of heaven



veliki pajesen



Götterbaum



ailante, arbre du ciel



Ailanto, Albero del paradiso



Main characteristics:

- Se trouve couramment dans les zones urbaines, en particulier sur les sites perturbés.
- Très difficile à contrôler, surtout lorsque les mesures de lutte mécanique sont limitées.
- Actuellement dans le top 20 des espèces invasives en Europe.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'ailante est un arbre ornemental couramment planté depuis longtemps. Il s'est répandu de manière invasive dans les habitats rudéraux secs et comme espèce pionnière sur les prairies sèches abandonnées. Il est problématique dans les zones urbaines en raison de sa capacité à pousser dans toutes les infractuosités. Comme il s'agit d'une espèce exotique envahissante préoccupante pour l'Union Européenne, diverses techniques et mesures sont employées pour la contrôler, empêcher sa propagation, détecter les nouvelles infestations et éradiquer les populations récemment détectées. Il est interdit par la loi d'introduire *Ailanthus altissima* dans l'Union Européenne, de le reproduire, de le cultiver, de le transporter, de l'acheter, de le vendre, de l'utiliser, de l'échanger et de le posséder.

Exigences et menaces

Il peut pousser sur des sols pauvres et est résistant aux habitats perturbés ou stressés. Il est également tolérant au sel, à la pollution atmosphérique et à un large éventail de conditions climatiques, notamment l'humidité et la lumière. Les jeunes plants sont sensibles au froid extrême. Le pollen est un allergène connu. Son bois est fragile et ses branches s'assèchent rapidement au cours de sa croissance ; elle nécessite donc des soins constants. De plus, toutes les parties de la plante ont une odeur forte et distincte qui est souvent comparée à celle des arachides.

Caractère invasif et risques

Ailanthus altissima est devenu envahissant sur tous les continents sauf l'Antarctique. L'espèce peut avoir des impacts négatifs sur les services écosystémiques ainsi que des impacts économiques négatifs en affectant les infrastructures. Elle peut également avoir des répercussions sur la santé humaine, car le contact avec les feuilles peut provoquer une dermatite grave et le pollen peut déclencher des réactions allergiques. Elle peut avoir des effets négatifs sur la biodiversité indigène par le biais de la concurrence directe et des effets allélopathiques.

Services écosystémiques

L'espèce a été utilisée dans le passé pour le reboisement des zones karstiques ainsi que pour l'aménagement paysager, le jardinage et la construction. Certains pays l'ont utilisée pour la production de soie. Il peut également servir de brise-vent, pour lutter contre l'érosion des sols, pour la production de médicament (racines), de meuble et d'huile (graines). En raison de ses composés allélopathiques, il pourrait avoir un potentiel économique en tant qu'herbicide naturel.

Avis d'expert

C'est une espèce indésirable en raison de sa répulsion végétative agressive et de son odeur désagréable. L'arrachage est généralement la meilleure méthode pour s'en débarrasser. Les individus poussent rapidement et peuvent atteindre une hauteur de 15 m en 25 ans. Bien qu'il s'agisse d'un arbre à courte durée de vie en tout lieu et qu'il vive rarement plus de 50 ans, sa capacité de drageonnage lui permet de se cloner indéfiniment. Il fait partie des espèces d'arbres les plus tolérantes à la pollution, notamment au dioxyde de soufre, qu'il absorbe dans ses feuilles. Il peut supporter la poussière de ciment et les fumées des exploitations de goudron et résiste relativement bien à l'exposition à l'ozone. Par ailleurs, on a retrouvé de fortes concentrations de mercure dans ses tissus. Sa tolérance à la sécheresse est élevée en raison de sa capacité à stocker efficacement l'eau dans son système racinaire. On le trouve ainsi fréquemment dans des zones où peu d'arbres peuvent survivre.

ALNUS CORDATA (Loisel.) Duby



Italian alder



srčastolistna jelša



Herzblättrige Erle



L'Aulne de Corse, Aulne cordé



L'ontano napoletano



Main characteristics:

- *Alnus cordata* est originaire du sud des Apennins et du nord-est de la Corse.
- De forme grossièrement pyramidale à maturité, son feuillage est particulièrement remarquable en raison de sa texture verte brillante et de ses feuilles en forme de cœur.
- Contrairement aux autres aulnes, *Alnus cordata* n'est pas une espèce riveraine.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Il est d'une importance mineure dans les zones urbaines de l'espace alpin, car il est très rare. Il peut être présent dans les parcs et jardins ou comme arbre d'alignement. L'espèce préfère les sites acides à légèrement alcalins avec des sols sableux-argileux à argileux, et se comporte mieux dans des conditions sèches qu'humides.

C'est un arbre extrêmement rustique.

Exigences et menaces

Il pousse bien sur les sols humides et bien drainés mais tolère assez bien les conditions sèches et médiocres.

Sa résistance au vent en fait une plante idéale pour les écrans et les brise-vent, ainsi que pour les plantations dans les régions côtières. Elle pousse rapidement, même dans des conditions très défavorables.

Caractère invasif et risques

Il n'est pas connu pour être envahissant dans son aire d'introduction. Il s'est cependant naturalisé dans des pays situés en dehors de son aire d'origine et il pousse rapidement sur des sites difficiles tels que les terrils miniers et les sols urbains fortement compactés.

Services écosystémiques

Protection des sols et brise-vent. En taillis, l'espèce était traditionnellement utilisée pour le bois de chauffage.

Elle peut également stimuler la croissance d'espèces associées grâce à sa capacité de fixation de l'azote par les racines et à ses feuilles riches en azote et facilement dégradables, qui améliorent la litière et la qualité du sol.

Avis d'expert

Les bactéries symbiotiques qui se développent sur ses racines fixent l'azote atmosphérique. En plus de permettre à l'arbre de bien pousser sur des sols pauvres, une partie de cet azote devient également disponible pour les autres plantes poussant à proximité. L'aulne est un arbre à croissance rapide utile sur les sites secs et difficiles, en particulier sur les sols au pH élevé, mais il peut également tolérer les sols humides et acides. Les semis d'aulne ne poussent pas bien dans les sites ombragés.

BROUSSONETIA PAPYRIFERA (L.) L'Hér. ex Vent.



Paper mulberry



papirjevka murva



Papiermaulbeerbaum



Mûrier à papier



Broussonetia o gelso da carta



Main characteristics:

- Une des caractéristiques de cette espèce sont ses grandes feuilles très velues et ses stipules larges et bien visibles.
- Jusqu'à présent, aucun ravageur ou maladie spécifique l'affectant n'a été signalé.
- Son intérêt en tant qu'espèce alternative d'arbre urbain pour l'adaptation au climat en Europe est en cours de test.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le mûrier à papier est planté comme un arbre d'ornement en Europe. Il est plus commun dans la région méditerranéenne, où on le trouve dans les parcs, jardins et le long des avenues. L'espèce a besoin d'un sol contenant 25 % de sable, d'un arrosage régulier et d'un apport d'engrais pour plantes en pot toutes les 2 à 3 semaines d'avril à octobre. Pendant leurs 2 à 3 premières années, les arbres ne doivent pas être stockés à moins de 10 °C. Le mûrier à papier est rarement attaqué par des maladies ou des parasites.

Exigences et menaces

Il prospère dans les habitats plus chauds des environnements urbains et en bordure des forêts et des rivières. Les sols légers, bien drainés et les sites ensoleillés lui conviennent bien. Il a une croissance rapide et une durée de vie courte, résiste à la sécheresse et aux gelées tardives, et est considéré comme facile à entretenir. Peut provoquer des allergies au pollen.

Caractère invasif et risques

Dans certaines régions du monde, il est classé comme envahissant car il présente un comportement de croissance dominant et déplace d'autres espèces. Il a la capacité de coloniser des habitats facilement accessibles, en particulier dans les zones perturbées, en envahissant les habitats ouverts tels que les lisières des forêts et des champs et en déplaçant les espèces indigènes par la concurrence et l'ombrage. Une fois installé, il présente une tendance agressive à la reproduction, avec des impacts négatifs associés pour les animaux sauvages qui dépendent de la végétation indigène.

Services écosystémiques

Il revêt une importance considérable dans la culture indochinoise, où il est utilisé pour fabriquer des médicaments tels que des laxatifs ou des antipyrétiques. En outre, il peut être utilisé pour le traitement des morsures de serpent, de chien ainsi que des piqûres d'abeille. Il est également prometteur pour la production de biocarburants.

Avis d'expert

D'autres espèces de mûriers déjà cultivées en Europe (*Morus alba*, *Morus nigra*) lui sont préférables. Elles ont déjà fait leurs preuves en Europe centrale et présentent de meilleures performances de croissance, sont moins sensibles aux gelées tardives et peuvent être taillées facilement.

CATALPA BIGNONIOIDES Walter



Southern catalpa, common catalpa, cigartree



navadni cigarovec, ameriška katalpa



Gewöhnlicher Trompetenbaum



Catalpa commun



Catalpa americana



Main characteristics:

- Originaire du sud-est des États-Unis.
- Une plante ornementale importante en zone urbaine ; particulièrement populaire en raison de ses fleurs attrayantes.
- Elle possède également de très grandes feuilles en forme de cœur qui créent d'importants problèmes de litière.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'un des arbres d'ornement les plus fréquemment plantés en Europe et que l'on trouve souvent dans les parcs et jardins. Très commun le long des avenues en raison de sa résistance au stress de l'environnement urbain. Lorsqu'il est planté comme arbre d'ornement dans une cour, il faut veiller à ce qu'il ne soit pas trop proche d'un bâtiment, d'une clôture, d'une limite de propriété, d'une ligne électrique ou d'une fosse septique. Il faut prévoir un espace suffisant pour lui permettre d'atteindre sa taille adulte. Les déchets et les odeurs sont les principaux problèmes générés par les catalpas ornementaux.

Exigences et menaces

Les conditions optimales de croissance sont des sols profonds, riches, aérés, frais à humides de type argileux-sableux. L'espèce est une semi-héliophyte et peut tolérer la pollution atmosphérique. La sécheresse et le vent sont des conditions inadaptées, et les juvéniles sont sensibles au gel.

Caractère invasif et risques

Il peut devenir adventice ou envahissant dans certaines régions ou habitats et peut déplacer la végétation locale s'il n'est pas correctement géré. Il produit un ensemble de produits chimiques allélopathiques qui affectent les micro-organismes du sol et d'autres plantes, qui peuvent être stressés ou endommagés à proximité de son feuillage du catalpa ou son système racinaire. Il est également connu pour sa croissance rapide.

Services écosystémiques

C'est une espèce mellifère importante en raison de sa floraison tardive. Diverses parties de l'arbre peuvent également être utilisées à des fins médicinales.

Avis d'expert

L'espèce n'est pas considérée comme envahissante en Europe, du fait qu'elle n'a jusqu'à présent été plantée qu'à des fins ornementales en zone urbaine. Elle n'a jamais été introduite dans des environnements naturels de manière intensive. Une surveillance constante de sa présence est donc conseillée. Des lacunes dans les connaissances existent en Europe concernant son potentiel apicole et les propriétés de son bois.

CATALPA OVATA G.Don



Chinese/yellow/Japanese catalpa



japonska katalpa



Kleinblütiger Trompetenbaum



Catalpa jaune



Catalpa a foglie ovate



Main characteristics:

- Originaire d'Asie orientale, principalement du Japon et de la Chine.
- Ses fleurs sont plus petites que celles du *Catalpa bignonioides*, et ses feuilles n'ont pas d'odeur désagréable.
- Il n'est pas sérieusement affecté par des maladies ou des ravageurs connus.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Il est planté comme un arbre d'ornement dans les jardins et les parcs. Après avoir été introduit en Europe, il a longtemps été confondu avec le *Catalpa bungei*.

Exigences et menaces

Les catalpas jaunes sont rustiques, peuvent survivre et s'adapter à la plupart des conditions, ce qui les rend extrêmement faciles à cultiver et à entretenir. Ils tolèrent les sites secs et humides, les sols alcalins et argileux ainsi que le sel de déneigement, mais sont plus facilement cultivés dans des sols moyens, moyens à humides, bien drainés, en plein soleil ou à mi-ombre. L'espèce apprécie les sols argileux, fertiles, humides et tolère les inondations saisonnières. Ses branches sont fragiles et peuvent se briser lors de tempêtes.

Caractère invasif et risques

Il s'est échappé des jardins et s'est naturalisé dans certains États de l'est des États-Unis.

Services écosystémiques

C'est une plante mellifère importante en raison de sa floraison tardive. Diverses parties de ses arbres peuvent être utilisées à des fins médicinales. On rapporte qu'il absorbe la pollution de l'air par le plomb et le cadmium.

Avis d'expert

Il a des branches fragiles et cassantes et présente une croissance rapide. Il est utilisé à des fins ornementales et pour créer des zones d'ombre grâce à ses larges feuilles trilobées. Il est très longévif, les spécimens âgés pouvant atteindre 8 à 10 m de hauteur.

CEDRUS DEODARA (Roxb. ex D.Don) G.Don



Himalayan cedar



himalajská cedra



Himalaya-Zeder



cèdre de l'Himalaya



cedro dell'Himalaya



Main characteristics:

- Les premiers rapports sur l'introduction de *Cedrus deodara* en Europe remontent à 1822, lorsque des graines ont été introduites en Grande-Bretagne.
- Dans son aire d'origine, les huiles essentielles extraites du bois résineux ont de nombreuses applications.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le cèdre du Liban est largement utilisé à des fins ornementales. En raison de ses branches qui s'étendent horizontalement, il ne convient que pour un placement solitaire dans les grands jardins et parcs ouverts. Un contrôle régulier des arbres est nécessaire, et un entretien approprié des arbres doit être effectué. L'espèce préfère les sols calcaires, les sites ensoleillés et protégés du vent. En raison de son excellente tolérance à la chaleur, elle est mieux adaptée aux pentes orientées vers le sud et l'ouest. Les gelées tardives sont problématiques pour cette espèce.

Exigences et menaces

Il a besoin de beaucoup de précipitations et atteint des performances de croissance optimales dans les régions au climat frais et aux précipitations annuelles de 1 000 à 1 900 mm. Sa croissance est donc fortement déterminée par les températures avant la mousson et les quantités de précipitations pendant l'été. Les conditions climatiques extrêmement sèches et chaudes ne lui conviennent pas. Il préfère de loin les sites profonds et bien drainés et a une tolérance raisonnable pour l'ombre. Surtout aux stades les plus jeunes, les semis peuvent être sensibles aux dommages causés par les gelées et les vents froids ; la résistance au gel à maturité dépend de la provenance. Dans les régions où les chutes de neige sont importantes, les cèdres de l'Himalaya sont susceptibles de souffrir de bris de neige.

Caractère invasif et risques

Il n'existe pas de données spécifiques sur son caractère invasif. Compte tenu de ses besoins élevés en précipitations et de sa résistance relativement faible au gel, cette espèce d'arbre a probablement un faible potentiel invasif dans l'espace alpin.

Services écosystémiques

Son bois possède de bonnes propriétés curatives, qui sont bien documentées dans la médecine ayurvédique indienne. Ses huiles essentielles sont souvent utilisées pour repousser les insectes. On dit également que le bois a un effet antifongique et il est donc souvent utilisé dans la construction de locaux de stockage des aliments.

Avis d'expert

Les espèces de cèdres sont généralement considérées comme résistantes et non compliquées. *Cedrus deodara* est l'un des cèdres les plus résistants au gel, les jeunes plants en particulier faisant preuve de robustesse et d'une excellente croissance. L'espèce a besoin de beaucoup de lumière, se développe dans des sols pauvres en nutriments. Dans la perspective du changement climatique, elle présente donc un potentiel considérable pour une utilisation urbaine.

CEDRUS LIBANI A. Rich.



Lebanon cedar



libanonska cedra



Libanon-Zeder



Cèdre du Liban



Cedro del Libano



Main characteristics:

- Il présente une faible compétitivité et est donc souvent limité dans les environnements naturels.
- Les arbres sont sensibles lorsqu'ils sont plantés dans des sols humides ou compacts.
- *Cedrus libani* a une importance symbolique au Liban et est représenté sur le drapeau du pays.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le sapin grec n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Il peut prospérer sur des sols pierreux et dans des crevasses rocheuses. Il est très tolérant à la sécheresse et à la chaleur. Bien qu'il ne soit pas particulièrement sensible aux champignons ou aux maladies en général, l'engorgement des sols peut souvent entraîner une infestation fongique. Il est également sensible aux scolytes lorsqu'il est stressé par les brûlis ou les tempêtes.

Exigences et menaces

Les conditions optimales pour le cèdre du Liban sont sur roche mère calcaire. Il tolère bien la sécheresse mais est moins résistant aux changements climatiques extrêmes que le cèdre de l'Atlas. Héliophyte à croissance lente, il a besoin de beaucoup de chaleur pour se lignifier. L'espèce ne convient pas aux milieux où le sol est dense, l'air pollué, la neige humide ou les températures hivernales inférieures à -16 °C. Dans l'état actuel des connaissances, *Cedrus libani* est recommandé pour les emplacements peu profonds sur calcaire, les provenances du Liban étant à éviter en raison de leur sensibilité aux gelées tardives.

Caractère invasif et risques

Il n'y a pas encore de rapports sur le caractère invasif. En raison de sa rareté en Europe centrale, on sait peu de choses jusqu'à présent sur son caractère envahissant, mais on peut supposer que *Cedrus libani* n'a pas de potentiel envahissant en raison de sa faible compétitivité.

Services écosystémiques

Les huiles essentielles extraites du bois de cèdre du Liban sont utilisées en parfumerie et en microscopie (huile d'immersion).

Avis d'expert

Les variétés de *Cedrus libani* sont utilisées dans les jardins. Il est très tolérant à la sécheresse, mais la prudence est de mise car il est sensible au gel. Dans l'espace alpin, on s'inquiète particulièrement lorsque l'espèce est plantée dans des endroits où les chutes de neige sont importantes, en raison de la possibilité de rupture de ses branches horizontales à grande portée. Le pollen provoque des réactions allergiques modérées.

CHAMAECYPARIS LAWSONIANA (A. Murray bis) Parl.



Lawson cypress



Lawsonova pacipresa



Lawsons Scheinzypresse



Cyprès de Lawson



Cipresso di Lawson



Main characteristics:

- Le plus grand spécimen de cette espèce provient de l'Oregon (Etats-Unis), et mesure 66,7 m.
- Préfère les sols à texture moyenne avec une humidité estivale constante.
- Aucune information sur son caractère envahissant.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le cyprès de Lawson est une espèce largement utilisée à des fins ornementales dans les parcs et les cimetières. Il est établi mais pas commun en Allemagne, en Slovénie et en France. Des expériences de culture et d'origine sont en cours en Autriche et en Allemagne. Il existe plus de 200 variétés ornementales. Sur les terrains publics, un contrôle régulier des arbres est nécessaire, et un entretien approprié des arbres doit être effectué.

Exigences et menaces

Chamaecyparis lawsoniana est relativement tolérant à l'ombre et peut s'accommoder d'un large éventail de conditions et de types de sol. Il tolère une sécheresse modérée ainsi que la pollution atmosphérique et résiste aux basses températures. Des sites expérimentaux dans le Brandebourg, en Allemagne, signalent que la régénération fonctionne très bien sous abri.

Caractère invasif et risques

Aucune information sur le caractère invasif est disponible.

Services écosystémiques

L'huile essentielle est extraite des feuilles et des jeunes tiges. Elle a des propriétés antimycosiques et antibactériennes. Elle est utilisée en parfumerie et en aromathérapie.

Avis d'expert

Le cyprès de Lawson n'est affecté que par peu de ravageurs mais est sensible à la sécheresse. Il peut être planté à la place de *Cupressus sempervirens*, notamment dans les sites froids. Cette espèce peut atteindre des hauteurs impressionnantes et libère beaucoup de pollen ; elle a donc un potentiel allergène élevé pendant sa période de floraison.

CORYLUS COLUMNA L.



Turkish hazel



turška leska



Baumhasel



Noisetier de Byzance



Nocciola



Main characteristics:

- Introduit en Europe centrale vers 1600.
- Il peut pousser dans diverses conditions de site et est très commun dans les zones urbaines de toute l'Europe.
- Les noisettes s sont consommés par les animaux sauvages et les humains.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le noisetier turc est très populaire comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins. En raison de son feuillage dense, il est souvent planté comme barrière phonique et fournir de l'ombre. Il est résistant aux sécheresses estivales et très peu sensible aux émissions, ce qui le rend approprié pour être planté le long des rues ou dans des plantations de protection à proximité des zones industrielles. Il est toutefois sensible au sel de déneigement. Dans leurs premières années, les arbres n'ont pas toujours un système racinaire bien établi ; les jeunes arbres doivent donc être arrosés intensivement pendant une demi-heure une ou deux fois par semaine pendant les étés secs.

Exigences et menaces

L'adaptabilité du noisetier turc est excellente, ce qui le rend viable sur différents sites. On le trouve sur des sols forestiers profonds, riches en nutriments, humides à secs et sur des sols alluviaux, mais aussi sur des sols pauvres avec de gros volumes de débris et sur des sites pierreux menacés par l'érosion. Il peut survivre à des températures extrêmes pendant de courtes périodes sans être endommagé, et est capable de développer une racine pivotante atteignant 3-4 m, ce qui lui permet de s'établir même sur des sols très pierreux. Sur les bons sols, il a une grande tolérance à l'ombre. Les seules conditions dans lesquelles le noisetier turc est en difficulté sont les sites extrêmement secs ou très humides ainsi que les endroits à très forte salinité.

Caractère invasif et risques

En raison de sa très faible compétitivité, *Corylus colurna* ne devrait pas être envahissant, comme le corroborent les expériences de nombreuses plantations à long terme en Europe. Aucune conséquence négative pour la flore, la faune et le sol indigènes n'a été identifiée à ce jour.

Services écosystémiques

Les noisettes sont mangées par les animaux et ramassées par les humains pour être consommées ou vendues aux confiseurs. Il est également possible d'en produire de l'huile, qui est ensuite traitée par l'industrie pharmaceutique ou utilisée pour fabriquer des peintures à l'huile. Grâce à son système racinaire, le noisetier turc est une espèce optimale pour la protection contre l'érosion.

Avis d'expert

Corylus colurna est très intéressant pour une utilisation en milieu urbain, c'est pourquoi on le trouve couramment en ornement et alignement. L'espèce est très résistante aux sécheresses estivales et ne souffre pas des gelées tardives mais est sensible au sel de déneigement. Elle est très bien formée et s'auto-taille relativement bien. Elle peut être utilisée en mélange avec d'autres espèces et il est recommandé de la planter en collectif ou en massif.

CUPRESSUS SEMPERVIRENS L.



Italian cypress, Mediterranean cypress



vednozelená cipresa



Echte Zypresse, Mittelmeerzypresse



Cypres commun, Cypres vert



Cipresso comune



Main characteristics:

- Espèce très tolérante à la sécheresse.
- Les aiguilles et sa couronne résistent aux flammes.
- Est un symbole de vie éternelle et se trouve donc souvent à proximité et dans les cimetières.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

En Europe centrale, la forme colonnaire du cyprès méditerranéen, en particulier celle de la variété *Cupressus x sempervirens* vers. *Sempervirens* fait qu'il est couramment planté dans les parcs, les jardins, les cimetières et comme protection contre le vent le long des routes et des exploitations agricoles.. En raison de sa bonne résistance à la chaleur et à la sécheresse, sa culture dans les régions fortement touchées par le changement climatique pourrait augmenter dans les années à venir. L'espèce est considérée comme très adaptable et présente une bonne croissance même sur des sols secs et pauvres en nutriments.

Exigences et menaces

Le cyprès méditerranéen prospère dans des sols perméables, humides et de profondeur moyenne à grande, avec un apport en nutriments au moins modéré. Il a besoin de suffisamment de lumière et peut pousser dans presque tous les sols alcalins ou légèrement acides, mais ne doit pas être cultivé dans des sols argileux ou saturés d'eau. Il développe un système racinaire traçant et peu profond. Les habitats naturels de l'espèce sont dominés par des étés secs et chauds et des hivers doux et pluvieux, avec un taux de précipitations de seulement 200 mm par an. Des études ont montré que les aiguilles et les parties de la couronne sont résistantes aux flammes.

Caractère invasif et risques

Cupressus sempervirens est planté uniquement pour ses qualités esthétiques et son effet barrière au vent. La distribution des autres espèces d'arbres n'est pas affectée, et il ne met pas en danger l'écosystème. Bien qu'il puisse facilement se régénérer dans les forêts, il n'a pas été signalé comme envahissant jusqu'à présent.

Services écosystémiques

Le cyprès méditerranéen est un arbre ornemental populaire et convient aux haies de bordure et aux jardins ombragés. Il sert également de brise-vent le long des routes et des côtes car il peut tolérer les vents salés. En outre, il est largement utilisé à des fins de médecine traditionnelle.

Avis d'expert

Utilisable pour la plantation en milieu urbain, mais seulement sur de petites surfaces et principalement à des fins ornementales. Compte tenu des changements climatiques prévus, on s'attend à ce que cette espèce prospère dans la région méditerranéenne, car elle peut résister à la sécheresse, aux gelées légères et à la négligence tout en étant très décorative. Les périodes prolongées de sécheresse en été, qui sont prévues pour toute la région du sud-est de l'Europe, pourraient avoir un effet positif sur l'utilisation de cette espèce d'arbre à l'avenir. Son utilisation ornementale génère une valeur économique importante.

FRAXINUS PENNSYLVANICA Marshall



Green ash



pensilvanski jesen



Rotesche



Frêne rouge



Frassino della Pensilvania



Main characteristics:

- Couramment utilisé dans les parcs et en alignement.
- Arbre à feuilles caduques avec une large distribution naturelle en Amérique du Nord.
- Sa durée de vie est courte, avec un âge maximal de 125 à 150 ans.
- On trouve des troncs irréguliers en Europe, alors qu'ils sont généralement droits dans l'aire d'origine.
- Cultivé en Europe depuis 1783.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Sa résilience au gel et sa haute tolérance au sel font qu'il convient aux zones urbaines en climat continental. Il ne souffre pas de la pollution. Il peut être une bonne alternative aux frênes communs (*Fraxinus excelsior*) en milieu urbain, car il est moins sensible à la maladie du dépérissement du frêne et offre une coloration automnale décorative. Le cultivar mâle "Summit" est particulièrement recommandé pour les plantations urbaines en raison des bonnes expériences concernant sa résistance à la chaleur dans le sud de la France et du fait qu'il ne présente pas de potentiel invasif. *Fraxinus pennsylvanica* a une grande résilience aux blessures accidentelles (élagage, arrachage de racines importantes ou endommagement du tronc lors de travaux routiers) même si les arbres souffrent de blessures multiples.

Exigences et menaces

Sa croissance diffère fortement selon les conditions du site. Bien que l'espèce ait généralement une grande amplitude physiologique, sa croissance est optimale sur des sols bien alimentés en eau et en nutriments. Les conditions de site idéales sont des endroits lourds et humides avec des inondations de longue durée couvrant jusqu'à 40 % de la période de végétation, où les espèces d'arbres indigènes ne peuvent pas lui faire concurrence. Les gelées tardives peuvent causer des problèmes. Rien ne prouve qu'il ait des effets négatifs sur les conditions du sol.

Caractère invasif et risques

Une étude menée dans une forêt urbaine de Brême (Allemagne) a montré que le cultivar "Summit" n'est pas très compétitif en dehors des forêts riveraines. On a découvert qu'il se régénérerait avec succès sur deux générations dans cette forêt tout en ne montrant aucun signe d'envahissement en absence de perturbations.

Services écosystémiques

Ils attirent de nombreuses espèces d'oiseaux, de chauves-souris et d'écureuils. Ils possèdent une bonne capacité de récupération après une coupe ou un bris. Des chercheurs ont étudié les services écosystémiques fournis par cette espèce dans les villes, calculant que chaque frêne vert fournit des services d'une valeur de 402 USD par an. Récemment, cependant, on a constaté qu'il était sensible à une grave maladie causée par le champignon pathogène *Hymenoscyphus fraxineus*.

Avis d'expert

Il convient très bien comme arbre d'alignement et comme substitut de *Fraxinus excelsior* de part sa physiologie et résistance à la maladie du dépérissement du frêne. Malheureusement, l'espèce a globalement un très fort potentiel invasif, c'est pourquoi le cultivar mâle "Summit" est recommandé. Cette variété a passé avec succès tous les tests en tant qu'arbre d'alignement en Bavière. D'autres aspects positifs sont sa belle coloration automnale et le fait que les citoyens européens ne le reconnaissent pas comme "non indigène".

GINKGO BILOBA L.



Ginkgo, kew tree



ginko, dvokrpi ginko



Entenfussbaum, Ginkgo, Ginkgobaum



arbre à noix, arbre à pattes de canard,

arbre aux pagodese



ginco



Main characteristics:

- Originaire de Chine, du Japon et de la Corée.
- Fossile vivant fournissant une immense source de composés bioactifs et d'ingrédients médicinaux.
- Peut vivre plus de 2 500 ans.
- Introduit en Europe au 18^e siècle.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Depuis 1730, le ginkgo est largement cultivé comme arbre ornemental dans les rues, les parcs et comme plante médicinale, notamment en Chine, en Corée, en France, en Allemagne et aux États-Unis. Dans la perspective du changement climatique, une étude européenne a évalué l'espèce comme très adaptée aux habitats urbains en termes de tolérance à la sécheresse et de résistance à l'hiver. Ce fossile vivant s'adapte bien aux conditions urbaines, et son utilisation en alignement est devenue à la mode dans les services des parcs et jardins de nombreuses municipalités européennes et américaines. Comme les graines des arbres femelles dégagent une odeur d'acide butyrique, la plupart des arbres plantés sont des mâles. Depuis 1982, les ginkgos sont cultivés à grande échelle en France pour la production d'un extrait d'EGb à partir de leurs feuilles

Exigences et menaces

Bien qu'il pousse mieux lorsqu'il est planté en plein soleil, il a la capacité de persister indéfiniment dans des conditions de faible luminosité et teneur en nutriments. En culture, il tolère une grande variété de climats saisonniers allant du climat méditerranéen au climat froid tempéré, où les températures hivernales minimales peuvent atteindre -20 °C. Bien qu'il soit souvent décrit comme ayant une croissance lente, il peut afficher des taux de croissance allant jusqu'à 30 cm par an pendant les 30 premières années. Il existe peu de littérature sur les ravageurs ou les maladies affectant le ginkgo, car il est très résistant.

Caractère invasif et risques

Aucune remontée d'information sur le potentiel invasif de cette espèce.

Services écosystémiques

Les parties médicinales du ginkgo sont ses feuilles fraîches ou séchées, ainsi que les graines après avoir été séparées de leur couche externe charnue. Le ginkgo est également apprécié pour des raisons esthétiques, notamment en automne lorsque ses feuilles jaunissent.

Avis d'expert

La combinaison d'une résistance aux maladies, d'un bois résistant aux insectes, de sa capacité de former des racines aériennes et des groumands fait du ginkgo une espèce à longue durée de vie, certains spécimens ayant plus de 2 500 ans. Il est connu pour être un fort émetteur de composés organiques volatils biogènes (COVB). Le jus des fruits peut provoquer des irritations cutanées..

GLEDITSIA TRIACANTHOS L.



Honey locust



Ameriška gledičija, trnata gledičevka



Amerikanische Gleditschie



févier d'Amérique



spino di Giuda



Main characteristics:

- Originaire d'Amérique du Nord.
- Développe une racine pivotante qui lui confère une très bonne stabilité et résistance au vent.
- Le bois est très lourd et dense : 700 à 800 kg/m³.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Parmi les différentes variétés de robinier domestique utilisées comme arbres et comme brise-vent dans les zones sèches, les cultivars sans épines sont préférés pour des raisons évidentes. En général, l'espèce offre des caractéristiques parfaites pour la plantation en tant que haie ou protection contre le vent. Après la taille, la forte repousse crée des haies épineuses et infranchissables. Lorsqu'il est utilisé comme brise-vent, il a une croissance annuelle moyenne en hauteur d'environ 50 cm au cours des sept premières années. Les provenances des zones septentrionales de son aire de répartition naturelle ont tendance à présenter une plus grande tolérance au gel, tandis que les arbres des parties méridionales produisent des fruits plus riches en nutriments. La plupart des robiniers domestiques que l'on peut acheter en Europe sont des provenances dont le taux de production de fruits est plus faible. En raison de sa bonne résistance au gel, à la sécheresse et aux températures élevées, il est un bon choix pour être planté en alignement dans les zones urbaines.

Exigences et menaces

Le févier épineux se comporte bien sur les sols peu profonds et résiste à la sécheresse et à une forte salinité. Il peut pousser sur des sols alcalins comme sur des sols acides, et un faible apport en azote ne constitue pas un problème pour l'espèce. Elle atteint ses meilleures performances de croissance sur des sols humides, riches en nutriments et dont le pH est compris entre 6 et 8. En combinaison avec sa haute tolérance aux inondations, cela signifie qu'il est optimal pour une utilisation dans les terres basses/innondables.

Caractère invasif et risques

Dans l'hémisphère sud en particulier, c'est une espèce fortement envahissante. En Europe, il est actuellement considéré comme potentiellement envahissant, avec seulement quelques cas d'invasion documentés à ce jour. À l'avenir son caractère invasif devrait s'accroître, car les conditions climatiques changeantes favoriseront sa régénération et sa croissance.

Services écosystémiques

Il constitue une source de pollen et de nectar pendant sa période de floraison qui est relativement courte. Il est planté comme protection contre l'érosion et le vent ou comme arbre d'ornement dans les villes. Dans son aire d'origine, ses fruits servent de nourriture aux bovins, aux chèvres, aux animaux sauvages.

Avis d'expert

Il existe de nombreuses espèces d'arbres susceptibles de compenser la perte de certaines espèces indigènes due au changement climatique. Par conséquent, l'intérêt de *Gleditsia triacanthos* est plutôt faible. Néanmoins, cette espèce peut représenter une option intéressante en raison de sa tolérance à la sécheresse, sa résistance aux parasites et à l'abrutissement. Elle est déjà utilisée dans les zones urbaines en raison de son insensibilité à la sécheresse, à la coupe et de ses caractéristiques mellifères. Les aspects négatifs à mentionner sont la forme irrégulière de sa couronne, la chute des fruits et de bois mort, le développement d'épines. On ne trouve pas cette espèce en dehors des villes, et son potentiel invasif est donc actuellement faible. Dans les zones devenant plus sèches en raison du changement climatique, l'espèce pourrait toutefois poser un problème à l'avenir, et des contre-mesures pourraient devenir nécessaires. Comme il est connu pour sa forte demande de lumière, une mesure de gestion possible est la promotion d'autres espèces d'arbres qui peuvent le dépasser et le dominer.

JUGLANS NIGRA L.



Black walnut



črni oreh



Schwarznuss



noyer noir



noce nero americano



Main characteristics:

- Originaire de l'est et du centre-ouest des États-Unis.
- Introduit en Europe à des fins ornementales au début du XVIIe siècle.
- De nos jours, il est cultivé pour la production de bois d'œuvre.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le noyer noir a une grande valeur ornementale et est fréquemment utilisé dans les parcs et jardins des villes européennes. Dans certaines régions d'Europe, il a également été utilisé pour la réhabilitation/restauration de terres dégradées, par exemple dans les peuplements peu productifs de robiniers noirs en Moldavie ou dans d'anciennes carrières en Croatie. Il a des exigences très spécifiques en matière de sol : Il ne tolère pas les sols acides ni un fort compactage. Il a également besoin de lumière et de chaleur. On ne lui connaît pas de parasites (pratiquement pas de champignons pathogènes). Ne doit pas être taillé pendant la période de croissance des feuilles.

Exigences et menaces

Les conditions optimales de croissance du noyer noir sont des sols profonds, riches, meubles et humides, de préférence dans les vallées fluviales. Il ne peut pas pousser sur des sols argileux lourds ou dans des habitats sujets à de longues inondations, mais il peut tolérer une sécheresse modérée et des températures allant jusqu'à -30 °C. Le gel peut néanmoins endommager les jeunes arbres. *Juglans nigra* est un héliophyte qui préfère les climats chauds et doux avec des précipitations fréquentes et bien réparties. Au niveau mondial, c'est l'espèce allélopathique la plus connue en raison de la juglone présente dans toute la plante.

Caractère invasif et risques

L'espèce n'est pas considérée comme envahissante.

Services écosystémiques

Les noix sont un produit important pour les animaux et les humains. L'espèce est utilisée en agroforesterie en raison de la grande valeur de son bois, de sa production de noix et des caractéristiques de son feuillage, qui permet la pénétration d'une lumière suffisante pour soutenir la croissance des plantes en sous-bois. Convient à la réhabilitation/restauration des terres dégradées. L'enveloppe verte du fruit (la cosse) est bien connue comme colorant naturel.

Avis d'expert

En automne, la chute des fruits peut causer des problèmes sur les chaussées. Les noyers noirs libèrent beaucoup de pollen et ont donc un potentiel allergène élevé pendant la période de floraison. La plupart des parties de l'arbre, y compris les feuilles, les tiges et les enveloppes des fruits, dégagent une odeur piquante ou épicée très caractéristique. En revanche, cette odeur est absente de la noix. Il est plus résistant au gel que le noyer anglais ou persan. Il peut provoquer des laminites chez les chevaux lorsqu'il est présent dans leur litière. L'espèce présente un intérêt particulier pour les futures conditions climatiques extrêmes, notamment la chaleur et la sécheresse, auxquelles elle est bien adaptée.

KOELREUTERIA PANICULATA Laxm.



Golden rain tree, pride of India



latnati mehurnik



Blasenesche, (rispiger) Blasenbaum



Arbre a vernis de Chine,

Koelreuteria paniculee



La koelreuteria, albero delle lanterne cinesi



Main characteristics:

- Originaire de Chine, de Corée et du Japon.
- Populaire comme arbre d'ornement en Europe.
- En Europe, on le trouve dans les forêts riveraines, les sites rudéraux et les habitats urbains.
- Toutes les parties de l'arbre sont toxiques.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Il est très populaire comme arbre d'ornement en raison des fleurs jaunes qu'il produit en automne. Il peut être planté individuellement ou en groupe, ainsi qu'en alignement. Ses fleurs sont utilisées en médecine ; leur extrait fournit également une teinture jaune, tandis que l'extrait de la feuille fournit une teinture noire. L'espèce supporte bien l'environnement urbain, la pollution atmosphérique et les températures élevées.

Exigences et menaces

C'est une espèce modeste qui préfère les sols profonds, fertiles et bien drainés et qui peut pousser sur des sols acides ou alcalins. Elle a besoin de sites chauds et ensoleillés et tolère une sécheresse modérée. Les jeunes arbres sont sensibles aux basses températures. Le vent ne nuit pas au *Koelreuteria paniculata*, mais il ne peut pas pousser dans les zones de bord de mer.

Caractère invasif et risques

Il est considéré comme envahissant en Amérique du Nord, notamment en Floride. En Slovénie, l'espèce pousse rarement à l'état sauvage, mais elle se répand déjà dans les villes de certains pays européens.

Services écosystémiques

Un arbre ornemental d'intérêt pour les parcs. Ses fleurs sont utilisées à des fins médicinales, notamment pour soigner les yeux irrités. Ses feuilles et ses fleurs sont utilisées pour produire de la teinture noire et jaune respectivement, tandis que les graines sont souvent utilisées pour fabriquer des chapelets. C'est également une espèce miellifère.

Avis d'expert

Koelreuteria paniculata est un néophyte naturalisé. Il ne nécessite aucun soin particulier ni aucune taille. Il est résistant à la plupart des parasites mais sensible à la pourriture des racines si le sol n'est pas bien drainé. Il est sujet au chancre des branches qui provoque des excroissances noueuses. Les graines sont irritantes et toxiques.

LARIX KAEMPFERI (Lamb.) Carrière



Japanese larch



japonski macesen



Japanische Lärche



mélèze du Japon



arice giappone



Main characteristics:

- Utilisé comme arbre d'ornement et en plantations forestières.
- Fournit du bois de haute qualité.
- Pousse plus vite que *Larix decidua* et est également plus résistant au chancre du mélèze.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le mélèze du Japon est planté comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins, et utilisé rarement dans les plantations forestières. Il a été introduit en Europe au XVIII^e siècle et est activement utilisé dans les jardins, les parcs et les forêts depuis 1861. Il existe de nombreuses variétés de *Larix kaempferi* utilisées en jardinage qui diffèrent par leur taille, la forme de leur couronne et les caractéristiques de leurs aiguilles. C'est un arbre qui demande relativement peu d'entretien et qui tolère la taille. Les cerfs ne l'apprécient pas particulièrement et le laissent généralement tranquille au profit d'autres espèces plus appétentes.

Exigences et menaces

En Europe, le climat océanique est le plus approprié pour le mélèze du Japon. La neige humide et lourde lui cause des dommages. Pour une bonne croissance, il a besoin de l'humidité de l'air et du sol. Sa période de végétation est plus longue que celle du mélèze d'Europe. Résistant au vent et à la pollution atmosphérique.

Caractère invasif et risques

L'espèce n'est pas considérée comme envahissante

Services écosystémiques

Les flavonoïdes présents dans son bois ont un fort effet dissuasif (sur les termites), tandis que l'arabinogalactane du bois a un effet attractif. Les extraits aqueux du bois pourraient ainsi être utiles dans la lutte contre les termites en tant que dissuasif ou attractif. Une étude indique que ses composés organiques volatils biogènes (COVB) ont un potentiel thérapeutique pour le traitement ou la prévention des inflammations locales et systémiques en raison de leurs effets immunosuppresseurs.

Avis d'expert

Le mélèze du Japon tolère bien la taille et peut également être utilisé comme arbre de haie. Il ressemble au *Larix decidua*, mais possède des pousses d'hiver rouge pourpre recouvertes d'un duvet cireux. Son bois est très élastique et peut prendre des formes très inhabituelles.

LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L.



American sweetgum



ameriški ambrovec



Amerikanischer Amberbaum



Copalme d'Amérique



Storace americano



Main characteristics:

- Se trouve naturellement dans les parties Est et Sud-Est de l'Amérique du Nord.
- Introduit en Europe en 1680.
- En Europe, il est principalement utilisé à des fins ornementales.
- Son bois est de qualité moyenne, souple et très odorant.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

En raison de sa parure automnale, le rôle le plus important du copalme d'Amérique est celui d'arbre ornemental. C'est un arbre très populaire dans les parcs et en alignement. Il s'adapte bien à la plupart des conditions urbaines, est relativement exempt de maladies et résistant à la plupart des insectes nuisibles. L'espèce a besoin de beaucoup de lumière et préfère les sols pierreux et compacts. Au cours des premières années suivant sa plantation, elle doit être protégée de la flore concurrente. L'abroutissement par le gibier peut également constituer un problème.

Exigences et menaces

Liquidambar styraciflua pousse mieux sur les sols modérément grossiers à fins, bien drainés et légèrement acides (pH 6,1-6,5). Il développe une racine pivotante profonde avec de nombreuses latéralisations très développées sur les sites bien drainés et un système racinaire peu profond et largement étendu sur les sites mal drainés. Il est très intolérant à l'ombre mais peut supporter les inondations et peut pousser dans les sites de bord de mer s'il est protégé des vents violents. Les jeunes arbres sur sol humide sont fréquemment endommagés par le gel. Ne pousse pas bien sur les sites secs. L'espèce est sensible à la chlorose ferrique sur les sols à pH élevé, aux dommages causés par le gel, à la nécrose saignante occasionnelle, au dépérissement de la flèche, à la brûlure de l'amélanchier, aux taches foliaires, à la pyrale de l'amélanchier, aux chenilles, à la cochenille du coton, du l'amélanchier et celle du noyer.

Caractère invasif et risques

Il n'est pas actuellement décrit comme envahissant, mais l'espèce peut facilement repousser à partir des racines.

Services écosystémiques

Ses graines sont consommées par les oiseaux, les écureuils et les tamias. C'est un bon choix comme arbre brise-vent en raison de sa croissance rapide et de sa tolérance à une grande variété de sites. Il est fréquemment utilisé comme arbre d'ornement, d'alignement et comme source d'ombrage. Les feuilles et l'écorce sont utilisées pour obtenir une résine communément appelée ambre liquide, qui est ajoutée au chewing-gum et utilisée dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques..

Avis d'expert

La litière de fruits peut causer des problèmes sur les chaussées. Il libère beaucoup de pollen et présente donc un potentiel allergène élevé pendant sa période de floraison. Il est également connu pour être un fort émetteur de composés organiques volatils biogènes (COVB), et ses graines peuvent être une source renouvelable d'acide shikimique. L'espèce présente un intérêt particulier en ce qui concerne les futurs phénomènes météorologiques extrêmes et le changement climatique, car elle est particulièrement tolérante à la chaleur, à la sécheresse et peut supporter sans problème de fortes inondations pendant 20 jours. Elle tolère également bien les émissions industriels et automobiles.

LIRIODENDRON TULIPIFERA L.



Tuliptree



navadni tulipanovec



Tulpenbaum



Tulipier de Virginie



L'albero dei tulipani



Main characteristics:

- Possède de grandes fleurs ressemblant à des tulipes.
- Originaire d'Amérique du Nord.
- En Europe, il est cultivé depuis longtemps et on le trouve dans les parcs, les jardins et des parcelles expérimentales.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le tulipier est peu adapté aux zones urbaines (surtout en alignement), car il nécessite beaucoup d'espace et développe un système racinaire étendu. Des études ont montré que, bien que l'espèce soit résistante à l'hiver, elle doit être classée comme problématique en termes de tolérance à la sécheresse. Il est cultivé en Europe depuis 1663 et se trouve souvent dans les jardins et parcs urbains ainsi que dans des parcelles expérimentales des institutions de recherche forestière.

Exigences et menaces

Il existe plusieurs populations vigoureuses de tulipiers dans les deux États fédéraux du Bade-Wurtemberg et de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (Allemagne). L'espèce pousse dans les forêts riveraines et dans les forêts de moyenne montagne jusqu'à environ 500 m d'altitude sur des substrats moyens à profonds faiblement acides à modérément basiques. Il est très bien adapté en tant qu'espèce mixte pour les peuplements de chênes, de hêtres et d'érables, ainsi que pour assurer la transition entre les peuplements purs issus de la régénération naturelle et les peuplements mixtes. Les stress abiotiques tels que le gel tardif, le compactage du sol, les bris de neige et la pression de la neige peuvent l'affecter.

Caractère invasif et risques

Le tulipier n'a jusqu'à présent pas été classé comme envahissant, et son potentiel d'envahissement est considéré comme faible. Des expérimentations il ressort que son intégration dans les communautés forestières naturelles et indigènes est possible sans problème. Cependant, une observation plus approfondie est nécessaire.

Services écosystémiques

Il enrichit la biodiversité et la valeur esthétique des forêts, des jardins et des parcs. Ses fleurs et ses graines sont des sources de nourriture importantes pour de nombreux insectes, oiseaux et petits mammifères. La litière de feuilles est facilement dégradable et améliore l'humus dans la couche arable, assurant ainsi l'enrichissement en nutriments du sol. Toutes les parties de la plante, en particulier son bois et son écorce, sont toxiques pour l'homme.

Avis d'expert

Le tulipier a un grand potentiel pour l'exploitation forestière en Europe centrale, car il présente un très bon comportement de croissance et n'est pas invasif. Il existe plusieurs parcelles expérimentales en Allemagne (Esslingen, Freiburg), en Autriche (Graz) et en Belgique, et l'espèce est désormais également reproduite en Europe. Elle tolère les périodes sèches mais est très sensible aux gelées tardives. Les jeunes plants, en particulier, doivent être protégés des gelées tardives et de l'abroustissement par le gibier. La reproduction naturelle est problématique, car 70% des graines sont infertiles. Il se développe le 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 trouée peut entraîner une infestation de parasites. Aucune maladie spécifique n'est connue, mais des chenilles l'infestent occasionnellement. Le bois est facile à travailler et convient à l'industrie du meuble ainsi qu'à l'aménagement intérieur et à l'isolation, car il a de très gros pores. L'adaptation du tulipier aux zones urbaines est limitée, car il forme un système racinaire étendu et ne tolère pas les sols comprimés. Il peut toutefois bien pousser dans les grands parcs et jardins.

MAGNOLIA GRANDIFLORA L.



Southern magnolia, evergreen magnolia



velecvetna magnolija



Immergrüne Magnolie



Magnolia a grandes fleurs



Magnolia sempreverde



Main characteristics:

- La seule espèce de magnolia à feuillage persistant.
- Il existe plus de 100 cultivars différents et 2 variétés de *Magnolia grandiflora*.
- Originaire d'Amérique du Nord.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Son utilisation n'est recommandée que dans les endroits où les étés sont chauds et les hivers très doux. Son aptitude à la plantation dans la région alpine est donc limitée. Sur des sites inadaptés, l'espèce ne peut pas développer tout son potentiel : Sa vitalité et son esthétique sont réduites, et l'intensité des soins requis ainsi que le taux d'échec augmentent. Cependant, pour les sites urbains du Sud-Est de l'Europe, elle représente une alternative prometteuse.

Exigences et menaces

Magnolia grandiflora peut tolérer sans problème de courtes périodes de gel tardif et des températures inférieures à zéro si le climat de base est approprié. Il se développe le mieux dans les zones climatiquement douces de la Grande-Bretagne, de la Méditerranée et du sud des Alpes en général, mais il existe également des variantes qui présentent une bonne croissance dans la partie nord des Alpes. En Europe centrale, un arrosage continu est nécessaire.

Caractère invasif et risques

Il n'est pas actuellement décrit comme envahissant.

Services écosystémiques

Magnolia grandiflora est un arbre populaire pour son esthétique le long des rues, dans les centres urbains, dans les parcs et jardins méditerranéens et exotiques. C'est un "arbre d'État" dans les États américains de la Louisiane et du Mississippi. Certaines parties de la plante peuvent être utilisées à des fins thérapeutiques ; les autochtones américains Choctaw et Koasati, par exemple, utilisent l'écorce comme médicament. Ses feuilles persistantes sont utilisées en fleuristerie pour confectionner des bouquets, et les graines du magnolia constituent une source de nourriture pour les oiseaux et les petits mammifères. Dans le Sud de la Grande-Bretagne, il est utilisé en espalier sur les demeures seigneuriales.

Avis d'expert

Magnolia grandiflora gagne en popularité dans les zones urbaines en Allemagne et en Autriche. Ces arbres sont idéaux pour verdifier les villes en raison de leur grande valeur esthétique et de leur résistance à la chaleur et à la sécheresse. Même les températures plus froides et les gelées tardives ne posent pas de problème tant que le climat de base est adapté. Comme il s'agit d'une espèce à feuillage persistant, elle pollue également moins les trottoirs que les espèces apparentées. Les précipitations dans son aire d'origine sont presque deux fois plus élevées qu'en Europe centrale, de sorte que l'espèce dépend d'un régime d'arrosage continu lorsqu'elle est plantée ici, ce qui la rend peu attrayante pour une utilisation forestière. Il est non invasif, et des maladies spécifiques n'ont pas encore été découvertes, bien que les arbres aient tendance à développer du mildiou lors des étés pluvieux. Les escargots peuvent infester les jeunes plants. Le choix d'une provenance appropriée est un facteur décisif pour une implantation réussie, et il serait donc souhaitable de rechercher et de développer dans les années à venir des variantes de l'espèce mieux adaptées aux différents lieux. En ce qui concerne les changements climatiques attendus, c'est une espèce présentant d'excellentes caractéristiques.

MAGNOLIA x SOULANGEANA



Saucer magnolia



Soulangeeva magnolija



Tulpen-Magnolie



Magnolia de Soulange



Magnolia di Soulange



Main characteristics:

- L'un des arbres ornementaux les plus populaires du genre Magnolia.
- Souvent planté dans les jardins et les parcs urbains en raison de ses jolies fleurs roses ressemblant à des tulipes.
- Nommé d'après Étienne Soulange-Bodin, un botaniste français qui l'a créé en croisant deux espèces de Magnolia provenant d'Asie.
- Prospère dans des endroits ensoleillés, protégés du vent et riches en nutriments, mais est sensible à la sécheresse et à la chaleur.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

C'est une plante ornementale commune dans les jardins, les parcs et les zones urbaines. Il est le plus souvent planté en solitaire en raison des remarquables caractéristiques ornementales qu'il présente tout au long de l'année. Les magnolias sont considérés comme sensibles à la sécheresse et à la chaleur, ce qui explique qu'ils ne conviennent que de façon limitée à la végétalisation des zones urbaines. En Europe centrale, l'espèce pousse principalement sous la forme d'un arbuste ornemental.

Exigences et menaces

Il se développe le mieux en tant qu'arbre solitaire dans des sols profonds, humides, riches en humus et légèrement acides. Il a besoin d'un emplacement ensoleillé, protégé du vent et bien alimenté en nutriments. Il est tolérant à l'ozone. Vulnérable aux gelées tardives car il fleurit avant que les feuilles ne poussent. Bien qu'elle soit considérée comme une espèce résiliente, une infestation par *Pseudomonas syringae*, *Siphoninus phillyreae* et le mildiou est possible.

Caractère invasif et risques

Comme il est planté exclusivement en ornement, *Magnolia x soulangeana* n'affecte pas les écosystèmes et les autres espèces. Il est généralement considéré comme non invasif.

Services écosystémiques

Les magnolias sont des arbres culturellement importants en Asie. Des extraits d'écorce à des fins médicinales sont produits à partir de certaines espèces. En Europe, *Magnolia x soulangeana* est jusqu'à présent surtout utilisé comme une plante ornementale. Il accroît la biodiversité et contribue à augmenter la valeur esthétique des espaces verts urbains.

Avis d'expert

Cette espèce est connue pour être un fort émetteur de composés organiques volatils biogènes (COVB).

PAULOWNIA TOMENTOSA (Thunb.) Steud.



Princess tree



pavlovnija



Kaiser-Paulownie



Paulownia



Paulownia



Main characteristics:

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

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Ils ont été plantés à l'origine comme plantes ornementales, et la distribution actuelle de l'espèce en Europe est presque exclusivement confinée aux zones urbaines et aux parcs. Dans l'espace alpin, des occurrences ont été enregistrées en Allemagne (naturalisé), Autriche, Suisse, France, Slovaquie et Italie. Dans plusieurs pays, une régénération naturelle a également été observée. Elle est surtout présente dans les zones urbaines et les friches industrielles, ainsi que le long des voies ferrées, principalement en raison des températures généralement relativement chaudes dans les villes. Elle est également commune sur les bords de routes, les clairières, les lisières de forêts, les falaises, les pentes rocheuses abruptes, les berges de rivières et dans les habitats perturbés. On peut aussi la trouver occasionnellement près des jardins ou dans les fissures des chaussées.

Exigences et menaces

Extraordinairement résistant aux facteurs de stress tels que les températures estivales extrêmement élevées et les périodes de sécheresse en milieu urbain. Il se développe dans un sol aéré, profond, humide et bien drainé, à l'abri du vent et avec un ensoleillement suffisant. Les fruits et les grandes feuilles tombés au sol peuvent constituer un problème de litière dans les villes. Il peut également former de grandes racines de surface qui peuvent affecter les infrastructures routières à proximité. IL produit des milliers de graines qui germent facilement au printemps et peuvent devenir une nuisance dans les jardins ainsi que dans les interstices, les fissures des trottoirs et des allées. Les graines ont besoin de lumière pour germer, et il pousse donc souvent dans des habitats perturbés. Une l'arbre abattu, toutes les racines doivent également être éliminées pour empêcher les rejets et la propagation. Ne tolère pas les gelées précoces ou tardives, qui entraînent la perte des feuilles. La température minimale pour l'arbre princesse est de 15 °C. Au cours de ses premières années, des soins intensifs en pépinière et une irrigation importante sont nécessaires. À partir de la cinquième année, il peut tolérer la sécheresse et est supérieur aux espèces indigènes à cet égard. Pour éviter les risques écologiques, il ne doit pas être cultivé à grande échelle ou à proximité d'habitats ouverts à haute valeur de conservation.

Caractère invasif et risques

Il a tendance à s'échapper et à envahir, poussant rapidement dans les zones perturbées. Il se sème abondamment et rejette à partir des racines et des souches, formant finalement des monocultures. En tant qu'espèce pionnière, elle s'établit principalement dans des sites ouverts. Les arbres d'ornement plantés peuvent représenter des sources de dispersion des graines vers les habitats verts urbains et naturels environnants. Les graines sont dispersées jusqu'à 3,5 km des plantes matures par l'eau et le vent et restent viables pendant longtemps. Outre la distribution par les graines, il peut également se reproduire de manière végétative. Il pourrait éventuellement se révéler invasif en Europe. Il convient de le surveiller de près à l'avenir, car au regard du changement climatique il pourrait potentiellement coloniser des habitats naturels.

Services écosystémiques

Dans certains pays européens, il est cultivé comme plante ornementale en raison de ses belles fleurs. On le trouve dans les jardins botaniques, les arboretums et les parcs. Il est aussi parfois utilisé comme brise-vent le long des routes, des terres agricoles et des berges des canaux en Méditerranée. On pense également que cette espèce réduit la pollution par le dioxyde de soufre et qu'elle pourrait constituer un puits particulièrement efficace pour le dioxyde de carbone en raison de sa grande surface foliaire. Les jeunes arbres peuvent être une source de nourriture pour les mammifères sauvages, car leurs feuilles sont savoureuses et très riches en protéines.

Avis d'expert

Le caractère potentiellement envahissant des hybrides cultivés dans les plantations (principalement "Shang-Tong") peut être réduit en coupant toutes les inflorescences. Cette suppression est toutefois très coûteuse et ne suffira probablement pas à empêcher la propagation de l'espèce en raison de sa reproduction végétative. En Allemagne, les semis sont affectés par l'abbourissement, mais pas par d'autres ravageurs ou maladies.

PICEA OMORIKA (Pančić) Purk.



Serbian spruce



omorika, Pančićeva smreka



Serbische Fichte



Epicea de Serbie



Abete rosso della Serbia



Main characteristics:

- Espèce de conifère à la couronne étroite, élancée et élégante.
- Esthétiquement plaisant et tolérant à la pollution urbaine, il convient donc à la plantation dans les zones urbaines.
- Son aire de répartition naturelle se limite aujourd'hui à une petite zone dans le centre des Balkans, à la frontière entre la Serbie et la Bosnie-Herzégovine.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'épicéa de Serbie est souvent utilisé pour la végétalisation des villes en raison de sa tolérance à la pollution urbaine et ses qualités esthétiques. Il peut être planté individuellement ou en groupe, et également en alignement pour servir d'écran. En raison de ses faibles besoins en eau et en nutriments, il est également souvent utilisé dans les jardins. Espèce extrêmement rustique, il préfère les sites ensoleillés à semi-ombragés, pierreaux et au pH neutre, offrant un apport modéré en nutriments. Le sol doit également être meuble, car l'épicéa de Serbie ne tolère pas l'engorgement. Il est préférable de le planter en automne et il est généralement facile à entretenir, ne nécessitant aucune taille et seulement quelques arrosages supplémentaires lors des étés chauds. Dans les grandes plantations, la mort de l'omorika (brunissement des aiguilles) se produit souvent en raison d'une carence en magnésium et d'un enrichissement en chlore. L'armillaire, la pourriture rouge, les scolytes et le puceron de l'épicéa de Sitka peuvent également causer des problèmes.

Exigences et menaces

Il est très tolérant aux conditions urbaines. Il a besoin d'une température annuelle moyenne de 4-6 °C et de précipitations totales d'environ 1 000 mm. Sa croissance est légèrement plus lente que celle de *Picea abies*, mais il est très résistant aux dommages biotiques et abiotiques. L'élagage n'est nécessaire que pour le passage des véhicules ou des piétons sous la canopée dans les zones urbaines, et les racines de surface ne posent généralement pas de problème.

Caractère invasif et risques

Cette espèce n'est pas considérée comme invasive.

Services écosystémiques

Utilisé pour la production d'arbres de Noël et de broussailles décoratives.

Avis d'expert

L'épicéa de Serbie se régénère assez bien après des incendies catastrophiques. Cependant, étant donné qu'il est adapté à la croissance dans les climats froids, les prévisions actuelles de changement climatique pourraient entraîner des problèmes de survie. La régénération est difficile en raison de la présence d'herbes et d'autres espèces végétales plus compétitives. Pour ces raisons, *Picea omorika* est classé comme une espèce en danger dans la liste de l'UICN. Son bois était autrefois apprécié pour sa bonne qualité et utilisé pour fabriquer des pots spéciaux pour le fromage. Lorsqu'un meilleur bois n'est pas disponible, il est principalement utilisé pour la construction de toits.

PICEA PUNGENS Engelm.



Colorado spruce, blue spruce



bodeča smreka



Blaufichte, Stechfichte



Épicéa du Colorado



abete del Colorado, picea pungentee



Main characteristics:

- Espèce subalpine originaire des Montagnes Rocheuses du Colorado et de l'Utah (USA).
- Conifère avec une couronne pyramidale, des branches horizontales et des aiguilles bleu-vert.
- Planté et cultivé comme arbre d'ornement dans les zones urbaines.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

C'est une espèce subalpine originaire des montagnes Rocheuses du Colorado et de l'Utah (États-Unis) qui a été largement introduite dans de nombreuses autres régions. Dans l'espace alpin, on le trouve exclusivement comme arbre d'ornement dans les parcs et jardins urbains, où il est généralement planté isolé ou comme écran. Il dépasse rarement une hauteur de 15 m. Son feuillage est bleu ou bleu-vert, et de nombreux cultivars de l'espèce sont connus. Il a besoin de beaucoup de soleil et de sols secs, idéalement des sols limoneux sableux ou graveleux, riches en nutriments et alcalins. Il est très facile à entretenir et ne nécessite aucun traitement particulier, si ce n'est un large trou de plantation pour permettre aux racines de bien s'étendre. Cependant, il est très sensible aux champignons tels que *Chrysomyxa*, *Armillaria* ou la pourriture brune du pin, et le puceron de l'épicéa de Sitka.

Exigences et menaces

En raison de leur système racinaire relativement peu profond, il n'est pas recommandé de les planter près des bâtiments et des routes. En zone urbaine, les arbres doivent également être taillés pour permettre le passage des véhicules ou des piétons sous la canopée. L'espèce prospère dans un sol frais, profond et bien drainé. Elle nécessite une mi-ombre légère à ensoleillée, sans trop de soleil direct, car elle ne tolère pas les climats chauds et secs et a tendance à se dessécher par temps chaud. Il doit également être abrité du vent, bien qu'il soit très résistant au vent. Il projette une ombre dense lorsqu'il est ramifié jusqu'au sol, ne permettant à aucun sous-bois ou herbe de pousser en dessous.

Caractère invasif et risques

Il ne présente vraisemblablement pas de risque sérieux d'envahissement, car il n'est pas connu pour être une espèce pionnière.

Services écosystémiques

Il a une valeur ornementale dans les zones urbaines vertes, les aménagements paysagers et le jardinage. L'espèce soutient la faune - notamment les écureuils, qui apprécient sa résine - et permet de contrôler l'érosion grâce à son système racinaire. Elle peut également être utilisée comme plante médicinale (infusions des aiguilles) et est cultivée pour l'industrie des arbres de Noël.

Avis d'expert

S'ils ne sont pas taillés, ils peuvent potentiellement devenir très grands. L'espèce est tolérante aux microclimats chauds et constitue donc un meilleur choix que *Picea abies* pour de nombreux sites urbains. Elle est attaquée par deux espèces d'adelges, des insectes ressemblant à des pucerons qui provoquent la formation de galls. De plus, il est sensible à plusieurs maladies de fonte des aiguilles, les aiguilles devenant jaunes, tachetées ou brunes avant de tomber.

PICEA SITCHENSIS (Bong.) Carr.



Sitka spruce



sitka



Sitka-Fichte



Épinette de Sitka



Il peccio di Sitka



Main characteristics:

- Originaire d'Amérique du Nord, où il est naturellement distribué dans les zones côtières à fortes précipitations et à températures douces.
- Introduit en Europe au 18ème siècle.
- Arbre commercialement très important dans certains pays européens.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

L'épicéa de Sitka présente un fort potentiel de reproduction dans les régions où les conditions pédologiques et climatiques sont favorables (fortes précipitations et températures douces). Il ne doit donc pas être planté dans ces régions afin de limiter son potentiel invasif. En dehors de ces zones, il peut être utilisé en ville sans restriction, le climat continental ne favorisant pas une propagation involontaire. Cependant, la faible résistance de l'espèce à la sécheresse la rend peu intéressante à planter dans les villes d'Europe centrale et orientale.

Exigences et menaces

Picea sitchensis préfère les sols profonds et nutritifs permettant des profondeurs d'enracinement allant jusqu'à 2 m. Les sites présentant un sol compacté dans la partie supérieure du sol et un engorgement sont à éviter, car ces conditions contribuent à créer des systèmes d'enracinement très traçants et, par conséquent, un risque élevé de chablis. Il est quelque peu adapté à la plantation le long des rues, car il tolère bien le sel mais n'est pas très résistant à la pollution atmosphérique et à la sécheresse. Même lorsqu'il est exposé à de faibles concentrations de polluants atmosphériques, l'épicéa de Sitka commence à souffrir. Le risque d'importer des pathogènes potentiellement émergents en Europe depuis l'Amérique du Nord avec des plants d'épicéa de Sitka doit également être pris en compte.

Caractère invasif et risques

L'épicéa de Sitka n'est pas considéré comme envahissant dans la plupart des pays européens et ne présente généralement aucun danger pour les écosystèmes naturels. Le caractère invasif n'est un problème que dans une très petite zone des landes côtières de Norvège aux conditions climatiques spécifiques. Dans cette zone, l'espèce a modifié les conditions microclimatiques et la composition des espèces du sol forestier, menaçant un paysage à haute valeur de conservation. Elle est donc inscrite sur la liste noire en Norvège depuis 2012, à titre de précaution. En Irlande, où elle est déjà utilisée à des fins sylvicoles depuis longtemps et domine 60 % de toutes les plantations, elle n'est pas considérée comme envahissante.

Services écosystémiques

Il peut constituer un habitat pour les oiseaux, notamment pour la nidification et le perchage. Les chicots et les arbres vivants dont la cime est cassée constituent des lieux de nidification pour les nicheurs primaires et secondaires des cavités. Il peut également être utilisé à des fins médicinales (par exemple, on peut faire une infusion avec les jeunes pousses).

Avis d'expert

Bien qu'il soit surtout utilisé en sylviculture, l'épicéa de Sitka peut constituer une plante ornementale attrayante si on lui laisse suffisamment d'espace pour se développer. S'il est planté dans des conditions appropriées, il s'établit facilement et affiche une croissance rapide. Il est facile à travailler, et son bon rapport résistance/poids le rend approprié pour les clôtures, les palettes et le bois de construction.

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



Main characteristics:

- Très grand conifère originaire d'Amérique du Nord.
- Il possède des aiguilles tridimensionnelles en fascicules de cinq et des cônes de graines cylindriques gris-brun de 8 à 20 cm de long.
- L'une des espèces économiques importantes et d'un grand intérêt pour la sylviculture, mais également plantée comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins.
- Largement planté en Europe, puis abandonné au cours du XXe siècle en raison de la rouille vésiculeuse.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le pin de Weymouth est une espèce nord-américaine introduite pour la première fois en Europe en 1705, puis largement plantée et distribuée sur le continent au cours du XIX^e siècle. Il a également été fréquemment planté à des fins ornementales dans les zones urbaines, ainsi que dans les jardins privés et publics. En raison de l'infestation par la rouille vésiculeuse *Cronartium ribicola*, l'espèce a finalement été complètement abandonnée en foresterie. Il a une large gamme écologique, poussant dans des régions à hivers rigoureux ou doux et à des altitudes allant du niveau de la mer jusqu'à 2 200 m selon les conditions climatiques. En Suisse, la limite altitudinale supérieure est estimée à environ 800 à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

Exigences et menaces

Il pousse sur presque tous les types de sol. Il ne se rencontre que rarement sur les sols argileux ou mal drainés. Il est modérément tolérant à l'ombre. Ses exigences en matière de sol et de nutriments sont très faibles. Il peut supporter une large gamme de températures, d'humidité et de régimes hydriques, bien qu'il préfère les sols bien drainés et les climats frais et humides. L'espèce est sensible aux cassures. Les branches inférieures sont conservées pendant la croissance de l'arbre, ce qui le rend esthétiquement adapté à la plantation en tant qu'arbre isolé ou en groupe. Susceptible de subir les dommages causés par le sel des routes et sensible à la pollution atmosphérique. La rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) peut affecter les arbres plantés.

Caractère invasif et risques

Pinus strobus est considéré comme une espèce envahissante en République Tchèque, en Allemagne et en Hongrie, ainsi que dans d'autres pays. Bien qu'il ait été autrefois planté à grande échelle, les signalements d'invasions ne sont pas abondants. À l'heure actuelle, en République Tchèque, il est très envahissant dans plusieurs zones principalement gréseuses. Il est maintenant une composante non seulement des forêts mixtes plantées mais aussi d'autres forêts, et on le trouve aussi dans des sites rocheux à végétation éparse. En Europe centrale, de nombreuses zones de grès sont protégées en tant qu'environnements uniques, et la régénération à grande échelle d'une espèce d'arbre non indigène constitue donc un sérieux problème de conservation. Les graines du pin de Weymouth peuvent se disperser jusqu'à 750 m de leur source.

Services écosystémiques

Le pin de Weymouth fournit de la nourriture (graines, feuillage, écorce) et un habitat pour de nombreuses espèces sauvages, y compris des possibilités de nidification pour les oiseaux. Il est également utilisé comme arbre de Noël.

Avis d'expert

Les cônes mûrissent au cours de l'été de leur deuxième année après la pollinisation et ont tendance à tomber après la libération des graines. L'espèce nécessite peu d'entretien et se développe rapidement. S'ils ne sont pas taillés, les individus peuvent potentiellement devenir très grands, mais avec une taille régulière, ils peuvent également être utilisés comme haies. Il convient également aux personnes souffrant d'allergies et est modérément résistant au feu : les arbres matures survivent à la plupart des incendies de surface grâce à leur écorce épaisse. En outre, les aiguilles ont une teneur en résine relativement faible et donc peu inflammables. Les jeunes arbres ne sont pas aussi résistants au feu. Les survivants matures sont capables de réensemencer les zones brûlées. Le charançon du pin blanc et la rouille vésiculeuse du pin blanc peuvent les endommager ou les tuer. Non recommandé comme arbre d'alignement en raison de ses racines étendues et modérément profondes.

PINUS WALLICHIANA A.B. Jacks.



Bhutan Pine, Himalayan white pine



Himalajski bor



Tranenkiefer



pin de l'Himalaya



pino dell'Himalaia



Main characteristics:

- Originaire de la région himalayenne de l'Asie, de l'Afghanistan au Myanmar.
- Aiguilles bleu-gris de 12 à 18 cm de long en fascicules de cinq.
- Introduit en Angleterre en 1823.
- Arbre à croissance rapide utilisé principalement comme arbre d'ornement.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le pin de l'Himalaya est largement utilisé comme plante ornementale et apprécié dans les villes pour sa résistance relativement élevée à la pollution atmosphérique, qu'il tolère mieux que d'autres conifères. En Europe, il est planté dans les parcs et les jardins pour son feuillage attrayant et ses gros cônes décoratifs.

Exigences et menaces

Convient aux sols légers (sablonneux), moyens (limoneux) et lourds (argileux) ; préfère les sols bien drainés et peut pousser dans les sols pauvres en nutriments. Accepte des niveaux de pH allant d'acide à neutre. Le pin de l'Himalaya peut survivre sur des sites exposés, mais il est bien plus beau lorsqu'il est cultivé dans des endroits abrités. Il peut tolérer les vents forts mais pas l'exposition maritime, et ne peut pas pousser à l'ombre. Il ne convient pas à l'agroforesterie car ses aiguilles contiennent du terpène, qui est libéré lorsque la pluie les arrose et qui a un effet négatif sur la germination de certaines plantes, dont le blé. Les vieux arbres conservent leurs branches inférieures.

Caractère invasif et risques

Aucune invasivité n'a été signalée en Europe, et le potentiel semble faible car cette espèce pousse dans des sols frais et profonds et résiste au froid. Elle préfère un climat humide et les sites abrités, et ne tolère pas la sécheresse et la chaleur. Elle doit être surveillée dans des endroits abrités, mais elle est facile à contrôler car elle ne se reproduit pas de manière végétative.

Services écosystémiques

Il fournit des services écosystémiques culturels en tant qu'arbre d'ornement en Europe, où il est apprécié pour son feuillage attrayant et ses cônes décoratifs. Il est utilisé pour la végétalisation urbaine, l'aménagement paysager et le jardinage. Il permet également de lutter contre l'érosion grâce à son système racinaire pivotant et peut être utilisé comme source commerciale de térébenthine et de goudron. La térébenthine obtenue à partir de la résine de tous les pins est antiseptique, diurétique, rubéfiant et vermifuge.

Avis d'expert

Il est difficile d'évaluer les avantages que cette espèce pourrait offrir par rapport aux espèces de pin alpin existantes, qui sont probablement plus résistantes à la sécheresse. En raison de ses origines, il a un degré raisonnable de résistance au froid, mais il est sensible aux gelées tardives. Il n'est pas recommandé comme arbre d'alignement car il a des racines étendues et modérément profondes.

PLATANUS ACERIFOLIA (Aiton) Willd.



London plane



javorolistna platana



Ahornblättrige Platane, Bastardplatane,



Gewöhnliche Platane

platane, platane commun



platano, platano comune



Main characteristics:

- Arbre à feuilles caduques pouvant atteindre 40 m de haut, aux branches très étalées, aux feuilles semblables à celles de l'érable, à l'écorce écailleuse.
- Arbre d'alignement et de place populaire dans le monde entier, largement cultivé depuis la fin des années 1600.
- Découvert à Londres en 1663, hybride entre *Platanus orientalis* et *Platanus occidentalis*.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le platane est un arbre très commun dans les parcs, jardins et le long des routes. Il est fortement recommandé dans les zones urbaines, notamment en raison de sa tolérance à la pollution atmosphérique. Il est également plus résistant aux maladies et ravageurs courants et plus résistant au froid que le platane d'Amérique. La lumière artificielle affecte la phénologie de la chute des feuilles, les arbres exposés à des niveaux de lumière plus élevés conservant des feuilles vertes plus longtemps en automne et en hiver. Il est recommandé d'irriguer les arbres plantés pendant l'été et l'automne lors des années dont les précipitations sont inférieures à la moyenne, car cela réduit le potentiel de cavitation progressive du xylème et facilite l'apparition des feuilles au printemps.

Exigences et menaces

Il peut supporter un pH élevé, la pollution et une taille importante. Il est fréquemment taillé en têtard. Il est également capable de résister à la sécheresse, à la fumée et à d'autres conditions défavorables du sol et de l'atmosphère mieux que de nombreux autres arbres. La grande tolérance de l'espèce à la sécheresse est confirmée par le fait qu'il ne présente pas de baisse significative de croissance pendant les années de sécheresse. Dans l'optique du changement climatique, il est toutefois probable que les espèces de *Platanus* soient davantage touchées par les futures sécheresses estivales, automnales et les vagues de chaleur. Plusieurs ravageurs et maladies peuvent causer des problèmes aux arbres plantés.

Caractère invasif et risques

Non classé comme invasif en Europe .

Services écosystémiques

Platanus acerifolia est apprécié pour l'ombre qu'il procure. Des études montrent qu'un platane planté sur le côté ouest d'une maison peut réduire les émissions de carbone, dues à la consommation d'électricité en été, de 31 % en moyenne sur 100 ans. Convient à des fins de phytoremédiation et de reboisement de terrains après exploitation minière.

Avis d'expert

Dans l'environnement urbain, il est une des espèces les plus courantes en Europe, car il présente une excellente résistance aux contraintes urbaines. L'espèce est cependant extrêmement gênante à tailler, car la pilosité de ses feuilles et de ses jeunes rameaux peut provoquer des irritations respiratoires. L'utilisation de masques faciaux et la taille en hiver (mais pas à des températures négatives) sont donc recommandées pour la santé des arboriculteurs. *Corythucha ciliata*, la punaise du platane, est un problème pour les personnes et les objets à proximité (par exemple, les voitures garées sous la canopée). La maladie de Massaria, causée par le champignon *Splanchnonema platani*, a une grande influence sur la décision de planter ou non des platanes dans les villes, car elle entraîne un risque de casse des branches. *Platanus acerifolia* fournit une bonne ombre, mais l'anthracnose (*Apiognomonina veneta*) peut réduire sa canopée. Il tolère bien les dommages au système racinaire, mais les branches ont tendance à se casser lors des tempêtes en raison de la grande surface foliaire et du poids de l'eau interceptée.

POPULUS × *CANADENSIS* Moench



Canadian poplar



kanadski topol



Kanadische Pappel



Peuplier du canada



pioppo canadese



Main characteristics:

- Hybride obtenu par croisement entre *Populus nigra* (zone alpine) et *Populus deltoides* (Amérique).
- La plupart de ces clones hybrides ont été développés dans le nord de l'Italie par l'Institut Casale Monferrato à partir des années 1930.
- Les clones les plus célèbres sont I-214, Dvina et Neva.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

C'est une espèce hybride développée principalement pour fournir du bois. Il est cultivé dans toutes les zones à climat tempéré, et également utilisé en zones urbaines en raison de sa tolérance au pavage et de sa résistance au gel. Il convient à une utilisation en alignement (incluant les haies brise-vent), ornementale dans les parcs. Principalement cultivé en plaine (incluant les zones côtières), on le trouve très rarement en altitude.

Exigences et menaces

Il a besoin de sols profonds (min. 50 cm) avec un bon approvisionnement en eau. Il peut s'adapter à diverses conditions climatiques mais est facilement stressé par la sécheresse. Les peupliers ont un système racinaire très étendu et agressif, qui peut causer des dommages aux chaussées et autres structures dans les sites urbains. Leur croissance rapide, leur permettant d'atteindre rapidement des hauteurs d'environ 30 m, peut s'avérer problématique à proximité des bâtiments. La plante femelle produit des fruits au printemps, ce qui peut entraîner une gêne pour les habitants, des problèmes pour les systèmes de filtration d'air, ainsi qu'une nuisance pour les cultures maraîchères dans les zones périurbaines ou urbaines.

Caractère invasif et risques

Il n'est pas considéré comme une espèce envahissante. Néanmoins, il peut se croiser spontanément (bien que rarement) avec *Populus nigra*. Dans ce cas, un risque d'introggression peut se produire en raison de la proximité génétique avec *Populus nigra*. Les graines de peuplier sont enrobées d'une quantité importante de pappus (longs poils blancs et soyeux attachés à la graine) pour favoriser la dispersion par le vent sur de grandes distances. Les peupliers sont des producteurs de graines prolifiques (au printemps). C'est pourquoi les individus femelles de cet hybride sont particulièrement dangereux à proximité des aéroports, hôpitaux et autres activités nécessitant une filtration de l'air. Son pollen peut être allergène.

Services écosystémiques

Contrôle de l'érosion, séquestration du CO₂, production de bois d'œuvre, purification de l'eau et phytoremédiation grâce aux capacités de la microflore hébergée par le système racinaire du peuplier canadien (métaux lourds, friches industrielles, le long des champs agricoles).

Avis d'expert

De nombreux cultivars sont sensibles aux bactéries, virus, maladies de la rouille des feuilles et aux chancres. Il est également connu pour être un fort émetteur de composés organiques volatils biogènes (COVB). Il est souvent difficile de le distinguer de *Populus nigra*, qui a des jeunes rameaux plus arrondis, une base de feuille en forme de coin (ou parfois tronquée), et pas de glandes au point d'insertion de la tige avec le limbe.

PRUNUS CERASIFERA L.



Cherry plum



mirobalana



Kirschpflaume



Myrobolan ou Prunier-cerise



mirabolano



Main characteristics:

- Arbre ornemental populaire pour le jardin et l'aménagement paysager.
- Souvent planté pour sa floraison très précoce (mi-février).
- Originaire d'Asie occidentale et du Caucase.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le prunier-cerise est un arbre ornemental populaire pour les jardins et les aménagements paysagers grâce à sa floraison très précoce. De nombreux cultivars ont été développés, dont plusieurs au feuillage violet attrayant. En cas de comportement invasif, l'espèce ne peut pas être contrôlée en coupant simplement les arbres, car ils peuvent repousser à partir des troncs et des racines.

Exigences et menaces

En tant qu'arbre de petite taille, le prunier-cerise convient aux zones urbaines où l'espace est limité. Il préfère les sols bien drainés, profonds et suffisamment humides et ne convient pas aux sols compacts. Sa croissance optimale est obtenue en plein soleil, bien qu'il puisse tolérer un peu d'ombre. Il n'est pas certain qu'il puisse bien s'adapter au changement climatique, notamment aux sécheresses estivales. Il est sensible à un grand nombre d'insectes et de champignons nuisibles et est fréquemment abrutis.

Caractère invasif et risques

Jusqu'à présent, *Prunus cerasifera* n'a pas été identifié comme envahissant en Europe, mais il a échappé à la culture sur certains sites et on le trouve fréquemment près des villes, le long des routes ainsi que dans les chaparrals, les zones boisées et les zones riveraines. Naturalisée dans certaines parties du Sud-Est de l'Australie, où il est considéré comme légèrement envahissant dans les zones de brousse proches des centres urbains. Bien qu'ils puissent être compétitifs par rapport à certains arbres et arbustes indigènes, les pruniers-cerises poussent généralement de manière assez éparse et ont donc un impact limité par rapport aux espèces formant des parcelles denses.

Services écosystémiques

Les arbres cultivés peuvent présenter des fruits, un feuillage et des fleurs de plusieurs couleurs différentes. Certaines variétés ont des fruits sucrés qui peuvent être consommés frais, tandis que d'autres sont acides et se prêtent mieux à la fabrication de confitures. L'espèce est également utilisée comme porte-greffe pour différents types de pruniers greffés (mirabelle, quetsche, reine-claude).

Avis d'expert

Son utilisation comme arbre d'ornement est possible, mais *Prunus cerasifera* n'est pas intéressant pour les forêts alpines. Peut enrichir certains écosystèmes urbains car il n'est pas invasif, mais a une faible capacité d'adaptation au changement climatique.

PRUNUS SEROTINA Ehrh.



Black cherry



pozna čremsa



Amerikanische Traubenkirsche



capulin



ciliegio nero



Main characteristics:

- Parmi les premières espèces d'arbres américains à être utilisées dans les jardins européens.
- Ses feuilles apparaissent à la fin du printemps et tombent de l'arbre juste avant l'hiver.
- Le contrôle de sa propagation invasive demande des efforts considérables.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

En Europe, le cerisier noir est souvent planté comme arbre d'ornement dans les villes en raison de ses belles fleurs, feuilles colorées, sa croissance rapide et sa bonne tolérance à la taille. Les arbres peuvent être taillés et maintenus en arbuste en les coupant au sol tous les 2 à 3 ans. L'espèce est également commune dans les zones urbaines et les parcs, et est parfois plantée dans les haies. En raison de son caractère envahissant dans de nombreuses régions d'Europe, il est proposé de l'inscrire sur la liste des espèces préoccupantes de l'Union Européenne. Des mesures de contrôle ont été adoptées dès que l'espèce a commencé à se répandre rapidement en dehors des plantations, mais ces efforts se sont avérés largement infructueux.

Exigences et menaces

En tant qu'espèce à croissance rapide, il convient aux zones urbaines. Il a une forte demande en lumière mais peut pousser sur des sols pauvres ainsi que sur des sols secs. En revanche, il ne pousse pas bien sur les sols au pH élevé. Il n'est pas recommandé de le planter près des allées et des trottoirs, car le compactage du sol diminue sa capacité de développement du système racinaire et par conséquent sa résistance à la sécheresse. Peut tolérer des températures hivernales relativement basses.

Caractère invasif et risques

Le cerisier noir est capable de se disperser très facilement dans le paysage. Les habitats urbains sont susceptibles d'être envahis par l'espèce, notamment les lisières des forêts urbaines ou les intérieurs de forêts au couvert relativement ouvert. En tant qu'espèce pionnière, il bénéficie des perturbations anthropiques telles que la gestion forestière et la perturbation du sol, qui rendent les sites plus favorables à l'établissement des semis et au recrutement à partir de la banque de graines du sol. Les efforts d'éradication sont coûteux et exigent une surveillance fréquente. Bien qu'il s'agisse généralement d'un arbre à la longévité modérée, il faut tenir compte du fait que le cerisier noir est sujet aux dommages causés par les tempêtes dans les environnements urbains. Son écorce, ses racines et ses feuilles contiennent des concentrations de composés cyanogènes toxiques.

Services écosystémiques

En tant qu'arbre fruitier, il est une importante source de nourriture pour la faune, en particulier pour les oiseaux, qui contribuent également à la dispersion de ses graines sur de longues distances. Les fruits sont comestibles mais pas particulièrement savoureux pour les humains (le plus souvent utilisés pour les boissons). L'écorce des branches a des effets médicinaux. Dans son aire de répartition, le cerisier noir est utilisé pour enrichir la biodiversité et améliorer les conditions du sol. Toutefois, comme il peut rapidement devenir un colonisateur agressif, il peut contribuer à la diminution de la biodiversité.

Avis d'expert

Dans plusieurs régions d'Europe, c'est une des espèces exotiques envahissantes les plus courantes. De nombreux pays tentent de la combattre, en essayant de l'éliminer et de limiter sa propagation (rarement couronné de succès). L'autre approche possible, est plus pragmatique : l'espèce produisant du bois de haute qualité, favorisant la biodiversité, et qu'il n'est pas prouvé qu'elle ait des impacts négatifs sérieux sur l'environnement, elle est considérée comme utile. Cependant, il existe actuellement peu de recherches approfondies sur sa nocivité et son potentiel en Europe. Comme il est difficile à éradiquer son élimination complète des zones envahies est très coûteuse. Il semble donc judicieux d'envisager cette dernière approche dans la mesure du possible.

PRUNUS SERRULATA Lindl.



Japanese cherry



japonska češnja



Japanische Blütenkirsche



Cerisier a fleurs



Ciliegio del Giappone



Main characteristics:

- Largement utilisé comme arbre d'ornement dans les zones urbaines.
- Il existe plus de 120 cultivars.
- Le cultivar "Kanzan" est célèbre pour sa floraison au printemps.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le cerisier du Japon est commun comme arbre d'alignement et d'ornement (routes, parkings, chemins de promenade, parcs et jardins). Il nécessite un entretien régulier dans les zones urbaines en raison de sa sensibilité aux maladies (taille nécessaire après une infection). Son utilisation dans les zones urbaines devrait diminuer à l'avenir, car elle ne résiste pas à la sécheresse.

Exigences et menaces

Prunus serrulata peut potentiellement pousser dans une variété de conditions climatiques variées et est considéré comme résistant à la pollution atmosphérique dans les zones urbaines. Il a besoin d'un bon drainage mais peut pousser sur des sols argileux ainsi que sur des pentes ou dans des parterres surélevés. Les sols fortement acides à légèrement alcalins sont préférables. La plantation sur des sites humides avec engorgement doit être évitée en raison de sa sensibilité aux maladies fongiques.

Caractère invasif et risques

Il n'y a aucune indication de risques potentiels d'invasion dans l'espace alpin ou en Europe en général.

Services écosystémiques

Le cerisier du Japon est apprécié comme arbre ornemental urbain en raison de son aspect visuel décoratif, les individus ou les collectifs représentant parfois des attractions touristiques majeures. Cependant, l'espèce n'est pas considérée comme favorable aux pollinisateurs, car elle ne produit que peu de nectar pour les insectes.

Avis d'expert

Prunus serrulata est une espèce appropriée pour les plantations ornementales le long des sentiers et des pistes cyclables, mais elle n'est pas considérée comme résistante aux futures conditions climatiques.

PSEUDOTSUGA MENZIESII (Mirb.) Franco



Douglas fir



navadna ameriška duglazija



Douglasie



Douglas bleu



Abete di Douglas



Main characteristics:

- Espèce à feuillage persistant avec une couronne pyramidale.
- Les arbres matures sont caractérisés par une écorce brun-rougeâtre avec des rainures profondes et épaisses.
- Il faut le planter en plein soleil ou à l'ombre partielle sur sol argileux acide et bien drainé.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

D'après la littérature disponible, le sapin de Douglas semble être principalement utilisé comme arbre forestier plutôt que comme arbre urbain. Cependant, en raison de ses caractéristiques, il pourrait également jouer un rôle important dans la foresterie urbaine pour améliorer la résilience climatique dans les villes soumises à des conditions environnementales extrêmes telles que la sécheresse et les températures élevées. Des études supplémentaires sur les avantages de l'utilisation de cette espèce dans les zones urbaines de l'espace alpin devraient être menées.

Exigences et menaces

Il doit être planté en plein soleil ou à l'ombre partielle sur des sols argileux acides et bien drainés. Les jeunes arbres ont une forme pyramidale en épi et sont faciles à transplanter, mais ne sont pas encore tolérants à la sécheresse. Les arbres matures atteignent de grandes dimensions, et il faut donc prévoir un espace de croissance suffisant.

Caractère invasif et risques

Dans les zones urbaines, le sapin de Douglas ne présente pas de comportement invasif et aucun risque majeur n'est associé à cette espèce.

Services écosystémiques

Pseudotsuga menziesii est apprécié pour sa forte capacité de séquestration du carbone, offrant le contenu de fixation le plus élevé parmi les conifères tempérés. Le bois de douglas est également utilisé comme source d'énergie et sert ainsi de substitut aux combustibles fossiles.

Avis d'expert

Les sapins de Douglas ont des propriétés similaires à celles des autres conifères indigènes en termes d'écologie et de valeur esthétique. Cependant, l'expérience des plantations forestières montre que l'espèce a des branches plus flexibles et que ses couronnes sont moins sensibles aux dommages physiques par rapport à certains conifères indigènes. Elle peut donc également convenir à une utilisation en tant qu'arbre d'ornement dans les zones urbaines.

QUERCUS COCCINEA Münchh.



Scarlet oak



škrlatni hrast



Scharlach-Eiche



Chêne écarlate



Quercia della cocciniglia,
Quercia scarlatta d'America



Main characteristics:

- Principalement originaire du centre et de l'est des États-Unis.
- Le nom fait référence à la coloration automnale de son feuillage.
- Peut être confondu avec le chêne palustre, le chêne noir ou le chêne rouge

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Le chêne écarlate est parfois planté comme arbre d'ornement en raison du spectaculaire feuillage rouge vif qu'il arbore en automne. Sa capacité à faire de l'ombre est également très appréciée dans les centres-villes. Comme il s'agit d'un grand arbre, il doit être planté dans des endroits offrant suffisamment d'espace (aussi bien en hauteur qu'en largeur).

Exigences et menaces

Une espèce exigeante en lumière qui se trouve sur des sols secs, sablonneux, généralement acides et qui pousse le mieux dans un sol profond et riche en nutriments. Dans les zones urbaines, elle ne tolère ni la salinité ni l'ombre. Même si elle préfère les conditions édaphiques sèches, sa tolérance à la sécheresse et au feu n'est que moyenne. La maladie la plus nuisible, surtout pour les semis, est l'oïdium ou blanc du chêne (*Microsphaera quercina*).

Caractère invasif et risques

Quercus coccinea est étroitement lié au chêne rouge (*Quercus rubra*). On peut donc s'attendre à ce qu'il soit aussi envahissant que ce dernier, voire plus. Comme il tolère des conditions écologiques plus sèches en termes de sol et d'air, il pourrait remplacer les espèces de chêne indigènes.

Services écosystémiques

Les glands de chêne écarlate constituent une source de nourriture importante pour de nombreuses espèces sauvages, et les cerfs de Virginie broutent occasionnellement les jeunes pousses. Les petits mammifères et les oiseaux utilisent les chênes comme habitat de nidification, à la fois dans la canopée et dans les cavités. La qualité du bois de chêne écarlate est inférieure à celle du chêne rouge.

Avis d'expert

Cette espèce semble intéressante à planter dans les parcs. Cependant, il est conseillé de la placer suffisamment loin des forêts indigènes pour éviter une éventuelle propagation invasive. Sa tolérance à la sécheresse provient au moins en partie de sa capacité à s'enraciner profondément, elle ne présentera donc pas une aussi grande résistance à la sécheresse là où sa profondeur d'enracinement est limitée. Le cultivar "Splendens" a remporté le prix du mérite des jardins de la Royal Horticultural Society.

QUERCUS RUBRA L.



Northern red oak



rdeči hrast



Rot-Eiche



Chêne rouge d'Amérique



Quercia rossa



Main characteristics:

- Tolère les conditions urbaines et est souvent planté comme un arbre d'ornement.
- Les grandes couronnes présentent des couleurs attrayantes en automne.
- Pousse mieux dans un sol profond et fertile.
- Sa longévité est supérieure à 150 ans, la résistance des branches est considérée comme forte.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpin

On sait peu de choses sur l'utilisation urbaine du chêne rouge dans l'espace alpin ou dans d'autres parties de l'Europe, bien qu'il ait été planté comme arbre d'alignement. Les études dendrochronologiques menées dans les zones urbaines indiquent une forte dépendance aux conditions climatiques et une grande résistance à l'hiver dans les zones urbaines. Comparé aux espèces indigènes d'érables, il a une utilisation plus économique de la ressource en eau en période estivale et de sécheresse. Il est donc considéré comme assez résistant à la sécheresse dans les zones urbaines et pourrait ainsi être un candidat important pour l'adaptation au changement climatique dans les villes de l'espace alpin.

Exigences et menaces

Peut pousser en plein soleil ou à l'ombre partielle. Le chêne rouge a besoin de sols riches et bien drainés, de texture argileuse ou sableuse. Les sols acides à légèrement alcalins sont optimaux. Sa tolérance au bord de mer est également bonne dans les climats doux. Il émet de grandes quantités de composés organiques volatils biogènes (COVB), et son pollen est très allergène. Sensible aux pucerons, chenilles, galles et à diverses maladies (pourriture des racines, rouille...).

Caractère invasif et risques

Comme dans les écosystèmes forestiers, il a tendance à se naturaliser dans les zones urbaines. Les arbres d'alignement ou d'ornement ne sont pas considérés comme ayant de telles tendances, mais ils peuvent fournir une source suffisante de graines pour peupler les zones urbaines voisines. Les risques associés à son potentiel invasif sont élevés, en particulier dans les forêts urbaines, où il peut constituer une menace sérieuse pour la biodiversité indigène de divers groupes d'organismes (par exemple, les plantes, les champignons, la micro-faune du sol).

Services écosystémiques

Le chêne rouge est considéré comme une espèce attrayante et est utilisé comme arbre d'ornement dans les villes. Il produit des glands, un aliment recherché par les oiseaux et les écureuils, et sert de source de biomasse. D'un point de vue écologique, notamment en ce qui concerne le changement climatique, on pense que le mélange de chênes rouges dans les forêts urbaines augmente la résilience de ces écosystèmes aux modifications du régime de perturbations, contribuant ainsi à maintenir les fonctions de base de ces écosystèmes.

Avis d'expert

Les habitants connaissent bien cette espèce car elle est souvent cultivée comme arbre d'alignement et n'est donc pas perçue comme exotique par rapport à d'autres espèces non indigènes. Avec ses feuilles rouges en automne (production foliaire abondante), il est généralement perçu de manière plutôt positive. À l'opposé, son rajeunissement dense et stratifié est perçu négativement, car il entraîne des changements dans la composition des espèces et un déclin général de la richesse en espèces de la végétation au sol.

QUERCUS SUBER L.



Cork oak



hrast plutovec



Korkeiche



Chêne liège



Querce dasughero



Main characteristics:

- Caractérisé par son écorce épaisse utilisée pour une grande variété de produits.
- L'écorce est une adaptation aux conditions chaudes et sèches et protège les arbres des incendies.
- Les savanes de chêne-liège sont des paysages très diversifiés à haute valeur de conservation et esthétique.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpin

Le chêne-liège n'est actuellement pas utilisé dans les zones urbaines de l'espace alpin. Cependant, il est considéré comme adapté aux parcs urbains et aux zones résidentielles en raison des particularités de son écorce et de ses associations historiques. Il pourrait également être planté comme arbre d'alignement en association avec des espèces à croissance plus rapide. Dans les régions méditerranéennes, il est utilisé pour la production commerciale de liège.

Exigences et menaces

En tant qu'arbre à tige courte et à large déploiement, il a besoin d'un grand espace de croissance et d'un volume de sol suffisant. Longévive et à croissance lente, l'espèce se caractérise par une faible tolérance à l'ombre et une forte résistance à la sécheresse, et pourrait donc être particulièrement adaptée aux sites plus secs et plus chauds des centres-villes. Ses glands sont attractifs pour les animaux et peuvent constituer une nuisance dans les zones piétonnes, mais leur production est peu fréquente. Ses feuilles persistantes et sa relativement bonne capacité à faire de l'ombre peuvent constituer un problème en hiver. Nécessite un climat océanique.

Caractère invasif et risques

Le chêne-liège n'est pas considéré comme une espèce invasive. Nombre de ses caractéristiques - comme sa faible capacité de dispersion due à ses fruits gros et lourds - ne suggèrent pas un risque élevé d'envahissement. Certains rapports indiquent qu'il se naturalise dans les îles Baléares et Canaries.

Services écosystémiques

Le liège est un produit de faible densité qui offre une bonne isolation thermique, acoustique, vibratoire et qui est résistant à l'eau. Le liège femelle est traditionnellement utilisé pour fabriquer des bouchons de vin, tandis que le liège mâle peut être broyé en granulés et transformé en panneaux d'isolation. Par ordre d'importance, les forêts de chênes liège se trouvent surtout au Portugal, en Espagne, dans le Sud de la France et dans le Sud-Ouest de l'Italie. Rares au niveau mondial, ces suberaies sont reconnues comme un habitat d'intérêt communautaire en Europe et remplissent un rôle écologique inestimable en termes de biodiversité, de conservation des sols, de fixation du carbone et de préservation des ressources en eau.

Avis d'expert

Quercus suber nécessite une gestion intensive car il est compétitivement inférieur aux autres espèces. Sa propagation potentielle est limitée par ses exigences climatiques et édaphiques, mais le changement climatique pourrait favoriser sa diffusion. C'est également une espèce intéressante pour les sols cristallins. Le chêne-liège est originaire d'Europe et n'est pas invasif.

RHUS TYPHINA L.



Staghorn sumac



octovec



Essigbaum



Sumac vinaigrier



Sommacco americano



Main characteristics:

- Originaire de l'Est de l'Amérique du Nord.
- Introduite délibérément dans de nombreuses zones de la région tempérée comme plante ornementale.
- Très adaptable à différents environnements: un véritable généraliste de l'habitat.
- Possède un potentiel invasif prononcé en raison de son taux de reproduction élevé et de sa capacité de colonisation.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

C'est une plante ornementale appréciée tout au long de l'année (feuillage coloré en automne, fruits persistant sur l'arbre pendant l'hiver). Son port drageonnant vigoureux le rend toutefois peu adapté aux petits jardins. Lorsqu'ils sont sources de problèmes, ils doivent être coupés, leurs racines excavées, et les nouvelles pousses émergentes doivent être éliminées régulièrement. Dans le cas d'une propagation locale indésirable par graines, les arbres femelles doivent être ciblés en premier, car c'est une espèce dioïque.

Exigences et menaces

Il peut pousser dans un large éventail de conditions, mais on le trouve le plus souvent sur des sols secs et pauvres. L'espèce préfère les sites ensoleillés et chauds et a de faibles exigences en matière de fertilité, ce qui lui permet d'endurer divers types de sols, des plus grossiers aux plus fins. En tant qu'espèce pionnière, elle prospère également dans l'air pollué des villes et peut s'établir dans les fissures des trottoirs. Les agents pathogènes dangereux pour *Rhus typhina* comprennent les espèces de champignons *Fusarium oxysporum*, *Botryosphaeria ribis* et *Cryphonectria parasitica*.

Caractère invasif et risques

Reconnue comme une espèce envahissante dans différents pays. Sa capacité invasive est le résultat de la dispersion des graines sur des distances relativement longues et surtout par la propagation par rhizomes lui permettant de former des populations clonales. Il envahit divers habitats : lisières de forêts, clairières, friches, jardins.... Plusieurs études ont confirmé ses effets allergènes et allélopathiques. La manière la plus efficace de lutter est d'identifier le plus tôt possible les nouveaux individus et de les éradiquer ou de les contrôler. La teneur élevée en antiappétants de ses feuilles peut inhiber la survie et la fécondité de nombreux insectes.

Services écosystémiques

Il remplit de nombreuses fonctions écologiques, protectrices et esthétiques. Par exemple, il est très efficace pour retenir l'eau et le sol grâce à son modèle de croissance formant des colonies. Il peut également être utilisé dans les efforts de restauration pour améliorer les zones dégradées. En raison de la forte teneur en eau et du faible pouvoir calorifique de ses feuilles et de son bois, il est également recommandé pour créer des ceintures d'arbres résistantes au feu. Pour la faune, *Rhus typhina* n'est pas seulement une source de fruits mais est également important pour l'abrooutissement. De nombreux types de pollinisateurs visitent ses fleurs, et c'est une espèce miellifère.

Avis d'expert

C'est une plante très répandue, appréciée non seulement pour ses qualités ornementales mais aussi pour ses nombreux autres attributs tels que sa comestibilité, ses propriétés curatives, son bois intéressant, sa teneur en colorants et son adaptabilité à des habitats pauvres. D'un autre côté, elle est connue pour être une espèce à fort potentiel invasif, ce qui limite quelque peu son utilisation et nécessite une certaine prudence. Son rôle dans l'environnement est à la fois positif et négatif. D'un point de vue arboricole, il présente plusieurs caractéristiques indésirables, notamment ses branches fragiles et cassantes. Les arbres adultes ont souvent aussi des racines ou des rhizomes pourris et sont donc susceptibles de s'effondrer. Sa propagation végétative peut être un problème dans les sites ne bénéficiant pas d'un entretien régulier.

ROBINIA PSEUDOACACIA L.



Black locust



navadna robinija



Gewöhnliche Robinie



Robinier



Robinia



Main characteristics:

- Arbre ornemental populaire dans les parcs et les forêts urbaines.
- Espèce exigeante en lumière, à croissance rapide et épineuse.
- Ne tolère pas les sols humides ou compactés.
- Invasif capable de coloniser un large éventail de sites perturbés, y compris les habitats urbains

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

En raison de sa tolérance de niveaux élevés de pollution atmosphérique, salinité, sécheresse et d'intensité lumineuse, ainsi que des sols de faible qualité, il est souvent planté comme arbre d'ornement dans les parcs, ou comme arbre d'alignement. Il ne tolère pas des tailles importantes. Sa popularité en tant qu'arbre d'ornement et d'alignement dans les villes de l'espace alpin est principalement due à sa résistance aux pollutions atmosphériques. Il est également attrayant pour les paysagistes et souvent utilisé comme arbre d'ornement. De nombreuses variétés horticoles présentant des caractéristiques intéressantes comme un feuillage jaune, des feuilles monophylles, des branches sans épines ou un port pleureur ont été sélectionnées. Les cultivars à basse stature conviennent à la formation de couronnes esthétiques par la taille.

Exigences et menaces

Il présente un haut degré de plasticité écologique. Il se transplante bien et est une plante appropriée pour les sites urbains défavorables, bien qu'il ne tolère pas les sols humides ou compactés. Il peut bien pousser sur des sols secs mais a besoin de suffisamment de lumière. Deux principaux ravageurs s'attaquent au robinier faux-acacia : le foreur du robinier et la mineuse du robinier, qui peuvent causer de graves dommages aux arbres. Les maladies possibles sont le chancre, l'oïdium, les *taches foliaires*, la pourriture du bois et le flétrissement verticillien.

Caractère invasif et risques

Outre les épines, cette espèce possède également des graines, feuilles et une écorce toxiques. En outre, ses branches sont fragiles et peuvent se briser sous l'effet de vents violents. Les dommages mécaniques causés aux racines ou aux troncs provoquent un recrutement clonal vigoureux via de longs drageons souterrains. L'espèce est également extrêmement résistante aux perturbations. Dans des conditions de luminosité défavorables, elle crée une banque de bourgeons persistante comprenant des bourgeons sur les racines, tiges et branches, ce qui permet une réaction rapide à l'augmentation de la luminosité après que la perturbation ait cessé. Le changement climatique et la plantation pour la sylviculture et l'aménagement paysager pourraient augmenter l'étendue des habitats urbains colonisés par *Robinia pseudoacacia* à l'avenir.

Services écosystémiques

Il est planté pour de multiples raisons. Son système racinaire enrichit le sol en azote. Le miel de ses fleurs est connu et apprécié, et les fleurs elles-mêmes peuvent être utilisées dans l'industrie du parfum. Il est un bon agent de contrôle de l'érosion en raison de sa facilité d'établissement et de sa croissance précoce rapide. Sa valeur est limitée en tant qu'aliment pour la faune, mais il offre un excellent couvert lorsqu'il est planté dans des zones perturbées. Il peut servir de source de bois d'industrie et de bois de chauffage de haute qualité.

Avis d'expert

Les environnements urbains et industriels, y compris les sols pollués ou salés, sont concernés par le caractère invasif de cette espèce. Les sites colonisés à proximité des zones urbaines peuvent servir de populations donneuses pour sa propagation spontanée dans les forêts urbaines et autres espaces verts urbains. Il est à la fois aimé et méprisé, ses impacts économiques positifs et négatifs sur l'environnement suscitant des opinions controversées et causant des conflits d'intérêts entre différents groupes quant à sa valeur (conservation de la nature, foresterie, aménagement paysager urbain, apiculteurs, grand public, etc.) Plusieurs cultivars ornementaux ont été sélectionnés pour leurs couronnes rondes, leurs fleurs roses et l'absence d'épines, et ces variétés sont préférables pour de nombreux espaces verts urbains. Il peut s'avérer très envahissant en raison de ses drageons prolifiques, en particulier dans les climats chauds.

STYPHNOLOBIUM JAPONICUM (L.) Schott



Pagoda tree



japonska sofora



Pagodenbaum



Sophora du Japon



sofora del Giappone



Main characteristics:

- Anciennement inclus dans une interprétation plus large du genre *Sophora*.
- *Sophora japonica* (L.) est un synonyme.
- Malgré son nom, il est en fait originaire de Chine et de Corée.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Il résiste aux pollutions atmosphériques et au sel de déneigement et est donc un arbre privilégié dans les parcs et en alignement. Dans les espaces publics, le contrôle régulier des arbres est nécessaire et un entretien approprié doit être effectué. Les couronnes peuvent et doivent être coupées régulièrement, en enlevant le bois mort - de préférence en automne plutôt qu'au printemps. Dans l'espace alpin, l'espèce est largement utilisée à des fins ornementales dans les parcs et jardins et en alignement.

Exigences et menaces

Il préfère les endroits ensoleillés et quelque peu abrités du vent. Dans son aire d'origine, il pousse dans les forêts de feuillus ainsi que dans les vallées et le long des berges des rivières, en évitant les sols compacts et les eaux stagnantes. L'espèce est très robuste en termes de basses températures, chaleur, sécheresse et d'influence du sel. Des études menées dans des villes allemandes ont également montré qu'elle est généralement résistante à l'hiver mais seulement partiellement au gel. Il est recommandé de ne planter les sophoras que dans des endroits protégés, car la résistance de leurs branches est jugée moyenne.

Caractère invasif et risques

Il a été signalé comme invasif aux États-Unis, en Australie, Afrique du Sud et dans certaines parties de la péninsule ibérique. Ses racines et ses tiges peuvent être infestées par *Armillaria mellea*, causant de graves dommages. Il n'y a par ailleurs que peu de ravageurs et de maladies qui affectent l'espèce, notamment le champignon *Botrytis cinerea* et l'insecte *Bruchophagus sophorae*, qui peuvent tous deux causer des dommages aux graines.

Services écosystémiques

En raison de leur floraison tardive et magnifique, ils sont appréciés des insectes pollinisateurs et c'est une espèce miellifère. L'espèce offre des capacités modérées de régulation du microclimat et d'amélioration de la qualité du sol. Sa capacité d'ombrage est évaluée comme modérément dense dans les feuilles et hors des feuilles. Il peut y avoir des problèmes de litière avec les fruits secs et les brindilles.

Avis d'expert

Styphnolobium japonica est très tolérant aux conditions sèches et résistant aux facteurs de stress urbains. Comme sa couronne devient très large, il fournit une bonne ombre mais ne convient qu'aux zones disposant de beaucoup d'espace, comme les parcs. Récemment, cette espèce a été plantée de plus en plus fréquemment, notamment comme arbre d'alignement. On peut également le trouver dans certains parcs et jardins d'hôtels.

THUJA OCCIDENTALIS L.



Northern white cedar



ameriški klek



Abendländischer Lebensbaum,

Gewöhnliche Thuja



Thuya occident



Tuia occidentale



Main characteristics:

- Espèce à feuilles persistantes apparentée à la famille des *Cupressaceae* dont l'aire de répartition indigène se situe dans le Sud du Canada et le Nord des États-Unis.
- Plante de haie populaire.
- Son huile essentielle est utilisée en médecine et en cosmétique.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Il est présent dans tous les pays de l'espace alpin et est principalement utilisé à des fins ornementales dans les parcs, jardins et cimetières. Il existe de nombreuses variétés, dont certaines sont étroites, colonnaires ou coniques, comme "Brandon", "Degroot's Spire", "Emerald", "Nigra" et "Pyramidalis". L'élagage est nécessaire en cas d'attaque par des champignons ou des insectes, et en cas d'infestation intensive la plante entière doit être enlevée. Sur les terrains publics, un contrôle régulier des arbres est requis. Il nécessite un espace de croissance important. La résistance de ses branches est jugée forte et son potentiel d'endommagement des racines modéré.

Exigences et menaces

Thuja occidentalis est assez sensible à la sécheresse. En combinaison avec ce facteur, d'autres ravageurs et maladies qui endommagent les individus peuvent également apparaître. L'espèce a besoin d'une humidité abondante, et les sols tels que les limons limoneux ayant une bonne capacité de stockage de l'eau lui conviennent le mieux. En raison de son système racinaire peu profond, elle est plutôt vulnérable au chablis. Les individus infectés par *Armillaria mellea* doivent être retirés avec tout leur système racinaire, car le champignon établit un vaste mycelium dans le sol. Le coléoptère *Lamprodila festiva* a été observé en Roumanie ; cet insecte a déjà été reconnu comme un nouveau ravageur invasif 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), l'espèce a un potentiel invasif inconnu/faible. Il n'y a pas actuellement de références sur le caractère invasif de *Thuja occidentalis*.

Services écosystémiques

Sa capacité d'ombrage est qualifiée de dense en feuilles. Il offre un niveau élevé d'atténuation de la pollution atmosphérique ainsi que des capacités modérées d'amélioration de la qualité du sol et de séquestration du CO₂. Ses fruits secs peuvent causer des problèmes de litière.

Avis d'expert

Thuja occidentalis est l'une des plantes de haies les plus populaires. Il a des problèmes de résistance à la sécheresse et l'apparition de parasites (scolyte du thuya) a augmenté ces dernières années en raison de l'utilisation intensive de l'espèce au cours des dernières décennies. La demande de production reste élevée : par exemple, une haie privée sur deux dans le Tyrol du Sud est plantée avec cette espèce.

TSUGA CANADENSIS (L.) Carrière



Canadian hemlock



kanadska čuga



Kanadische Hemlocktanne



Tsuga du Canada



Tsuga canadese



Main characteristics:

- Couramment utilisé comme arbre d'ornement en Europe.
- On peut obtenir des tanins et de la térébenthine à partir de son écorce.
- En voie de disparition dans son aire d'origine à cause du puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsuga*) qui suce la sève.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

La pruche du Canada est un arbre d'ornement commun en Europe qui se combine bien avec de nombreux feuillus et conifères. Elle tolère bien la taille et le façonnage et peut également être formée en haie dense. L'espèce a besoin de beaucoup d'humidité et ne doit pas être plantée le long des routes où l'on utilise du sel en hiver, car son feuillage est sensible aux embruns salins. Il est également peu adapté à une utilisation en tant qu'arbre brise-vent, car l'exposition au vent provoque un dépérissement en hiver. Il a une résistance assez faible au stress urbain, une intolérance aux sols très humides ou très secs et une sensibilité aux attaques du puceron lanigère de la pruche. Sa tendance à perdre rapidement ses aiguilles après avoir été abattu le rend impropre à être utilisé comme arbre de Noël. La résistance de ses branches est jugée forte et son potentiel de dommages aux racines modéré.

Exigences et menaces

Les caractéristiques écologiques de la pruche du Canada comprennent un degré élevé de tolérance à l'ombre lié à l'architecture de sa couronne, aux taux de développement des racines et des pousses à de faibles niveaux de lumière. C'est l'une des espèces les plus sensibles à la sécheresse dans l'Est de l'Amérique du Nord, où un grand nombre d'individus décède lors de graves épisodes de sécheresse, probablement en raison de la faible profondeur de son système racinaire.

Caractère invasif et risques

Non invasif.

Services écosystémiques

La pruche du Canada est considérée comme une "espèce fondatrice" en raison de sa forte influence sur la structure et la fonction des écosystèmes riverains dans son aire d'origine. Sa capacité d'ombrage est qualifiée de dense.

Avis d'expert

Tsuga canadensis peut être trouvé en association avec de nombreux champignons forestiers tels que le *Ramaria flavosaponaria*, comestible. Il est parfois utilisé pour les haies mais est considéré comme inférieur à cet égard à *Tsuga heterophylla*, la pruche occidentale.

ULMUS PUMILA L.



Siberian elm



sibirski brest



Sibirische Ulme



orme nain de Sibérie



olmo Sibiriano



Main characteristics:

- Originaire d'Asie ; la dernière espèce d'arbre rencontrée dans les régions semi-désertiques d'Asie centrale.
- Il pousse vite et repousse rapidement à partir de ses racines ; il présente également une bonne tolérance à la sécheresse.
- Contrairement à la plupart des ormes, l'orme de Sibérie peut s'autoféconder.

Gestion et utilisation dans les zones urbaines de l'espace alpine

Au XXe siècle, les ormes de Sibérie ont été largement plantés en Europe en raison de leur résistance à la maladie hollandaise de l'orme. L'espèce résiste également au gel, mais est sujette aux bris de branches et des rameaux par le vent, la neige et surtout la glace. Sa capacité d'ombrage est jugée modérée, tandis que la solidité de ses branches est jugée faible et son potentiel d'endommagement des racines élevé. Ses fruits secs peuvent causer des problèmes de litière. En raison de sa capacité à pousser dans des zones polluées et salines, l'orme de Sibérie pourrait être une espèce adaptée à la plantation dans les villes.

Exigences et menaces

Ulmus pumila a une forme de couronne arrondie ou étalée et nécessite un espace de croissance important. Il préfère les sols fertiles, bien drainés et bien ensoleillés, mais il s'adapte aussi très bien aux conditions difficiles telles que la sécheresse, les hivers froids, les longues inondations et les sols pauvres et secs. Seuls les sols très acides posent problème. L'espèce présente une variabilité considérable en termes de résistance à la maladie hollandaise de l'orme : par exemple, les arbres du Nord-Ouest et du Nord-Est de la Chine résistent beaucoup mieux que ceux du centre et du Sud du pays.

Caractère invasif et risques

Sa capacité à rejeter rapidement depuis ses racines rend l'orme de Sibérie très compétitif ; il est même considéré comme envahissant dans certains pays comme les États-Unis. En Europe, il s'est largement répandu en Espagne et en Italie et s'hybride avec l'orme champêtre indigène (*Ulmus minor*), ce qui peut constituer un problème de conservation. Le potentiel d'hybridation entre les deux espèces est élevé, et des hybridations répétées pourraient entraîner un envahissement génétique de l'orme champêtre. Le résultat pourrait être l'évolution du caractère invasif de l'espèce introduite.

Services écosystémiques

L'orme de Sibérie est surtout utilisé comme brise-vent et pour contrôler l'érosion des sols. Sa résistance à la maladie hollandaise de l'orme a été reproduite avec succès dans divers hybrides d'ormes.

Avis d'expert

Ulmus pumila est un arbre à feuilles caduques de taille moyenne, souvent touffu, pouvant atteindre 31 m de hauteur, avec un diamètre à hauteur de poitrine pouvant atteindre 1 m. Il est très sensible aux dommages causés par de nombreux insectes et parasites, notamment la chrysomèle de l'orme *Xanthogaleruca luteola*, la tenthrède zigzag de l'orme asiatique *Aproceros leucopoda*, la jaunisse de l'orme, l'oïdium, les chancres, les pucerons, les taches foliaires et, aux Pays-Bas, le champignon *Nectria cinnabarina*. Il est cependant le plus résistant de toutes les espèces d'ormes à la verticilliose.

