Notice
pour le praticien

ISSN 2296-4436

Institut fédéral de recherches WSL
CH-8903 Birmensdorf

© WSL Birmensdorf, 2015

WSL, Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
www.wsl.ch/publications

55
Août
2015

Le chêne face aux changements climatiques

Perspectives d'avenir d'une essence

Patrick Bonfils, Andreas Rigling, Urs-Beat Brändli, Peter Brang, Beat Forster, Roland Engesser, Felix Gugerli, Pascal Junod, Raphael Müller et Madeleine S. Günthardt-Goerg

Les changements climatiques modifieront la forêt en Suisse. Dans ce contexte, les espèces indigènes de chênes joueront probablement un plus grand rôle qu'aujourd'hui. Le potentiel d'adaptation élevé de ces essences ouvre d'intéressantes options sylvicoles et au niveau de l'entreprise forestière.



Fig. 1. Un chêne a besoin de 120 à 160 ans pour atteindre sa maturité. Les chênes rajeunis aujourd'hui grandiront ainsi dans un environnement marqué par les changements climatiques.

Depuis les années 1950, les températures augmentent au niveau planétaire à la suite de l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Le dioxyde de carbone (CO_2) est le principal contributeur au réchauffement mondial. Même si la concentration de CO_2 se stabilisait – phénomène non encore observable à l'heure actuelle –, le réchauffement perdurerait encore des siècles (Perroud et Bader 2013). Si les mesures internationales de protection du climat restent sans effet, la hausse des températures moyennes en Suisse sera de 2,7 °C à 4,8 °C d'ici à la fin du XXIe siècle, tandis que les précipitations estivales moyennes diminueront de 18 à 28 % (CH2011 2011). Ne serait-ce qu'au cours de l'existence d'un arbre, les conditions environnementales changeront fortement (fig. 1). Les essences qui supportent bien la sécheresse profiteront vraisemblablement de ces conditions modifiées. En font notamment partie le chêne sessile (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.) et le chêne pubescent (*Q. pubescens* agg.), espèces indigènes en Suisse.

Les chênes sont présents dans l'hémisphère nord depuis 15 millions d'années environ. Rien qu'à l'ère quaternaire (de 2,6 millions d'années à nos jours), se sont succédé au moins 15 périodes glaciaires et interglaciaires. Seules les espèces capables de coloniser des habitats les plus divers et/ou de migrer avec les zones climatiques, ont survécu (Kremer 2010). Les espèces de chênes aujourd'hui indigènes en Suisse ont ainsi évolué sur fond de fluctuations climatiques, stockant leurs expériences dans leur «mémoire génétique». Après la dernière

période glaciaire, il fallut environ 7000 ans aux chênes pour coloniser l'ensemble de l'Europe à nouveau, ce qu'ils firent au rythme de 380 m par an en moyenne (parfois 500 m/an). Ils sont de ce fait bien plus mobiles qu'on ne pourrait l'attendre d'une essence aux graines lourdes, qui en plus fructifie tardivement et à intervalles irréguliers. Différentes espèces d'oiseaux jouent un rôle important dans la propagation à vaste échelle du chêne. Le geai dépose ainsi le plus souvent ses provisions pour l'hiver à une distance comprise entre 1 et 6 km du peuplement semencier. Comme une partie de ces dépôts demeure inutilisée, le geai apporte une importante contribution à la propagation du chêne (fig. 2).

Potentiel élevé d'adaptation

La survie dans des environnements en évolution dépend de la capacité d'adaptation. L'ampleur de cette dernière est déterminée par des processus évolutifs génétiques et des réactions plastiques (modifications de morphologie et de comportement). Les populations d'essences forestières avec une diversité génétique élevée peuvent alors réagir de façon plus flexible aux conditions environnementales modifiées car le nombre de types génétiques potentiellement adaptés est plus grand. Les individus adaptés sont capables de transmettre leurs gènes aux générations suivantes, contribuant ainsi à l'adaptation évolutive de l'espèce. Les individus mal adaptés disparaissent de façon prématurée. Les principales espèces de chênes en Europe sont excessivement variables sur le plan génétique. Ceci est en partie lié à l'important échange génétique dû à la pollinisation, lequel est également possible entre des populations fortement éloignées (jusqu'à 80 km). Conséquence de cet échange génétique à vaste échelle: plus de la moitié du pollen provient souvent d'un peuplement extérieur (Gerber *et al.* 2014). C'est un avantage en particulier pour les populations soumises au stress car de nouveaux gènes issus d'autres situations environnementales peuvent ainsi être «importés». Les différentes zones climatiques (d'océaniques à continentales), altitudes (du niveau de la mer à 1800 m d'altitude) et stations (d'humides à sèches), colonisées par le chêne (fig. 3), s'avèrent dès lors de précieuses sources de variation génétique (Kremer 2010).

Le comportement plastique permet – contrairement à l'adaptation évolutive – une rapide réaction à des modifications environnementales exceptionnelles (à la sécheresse par exemple). Derrière de telles réactions se trouvent des processus physiologiques responsables du métabolisme et de la croissance. Des études menées dans des écosystèmes modélisés ont montré que de jeunes chênes âgés de 3 à 5 ans réagissaient de façon flexible à des hausses de température et à la sécheresse. Leur métabolisme se rétablit aussi très vite après une forte sécheresse (Bonfils *et al.* 2013). Le feuillage robuste reste fonctionnel, ce qui permet de garantir la photosynthèse ainsi que le transport d'eau et de substances nutritives. Des études portant sur des chênes pubescents adultes démontrent qu'ils peuvent maintenir leurs stomates ouverts sur la face inférieure de la feuille relativement longtemps en présence de réchauffement atmosphérique et de sécheresse (plus longtemps par exemple que les pins sylvestres), et qu'ils réalisent de ce fait une performance élevée de photosynthèse malgré la sécheresse (Rigling *et al.* 2013). Dans les peuplements mixtes adultes également, les chênes gèrent manifestement mieux la sécheresse que le merisier, le hêtre, le tilleul à grandes feuilles et l'érable sycomore par exemple (Scherrer *et al.* 2011). La grande plasticité du chêne apparaît en particulier en période de sécheresse. Ainsi, pour essayer de réduire la perte d'eau et maintenir en même temps les fonctions vitales, les jeunes plantes adaptent la taille, la forme et la configuration de leurs feuilles en fonction des conditions environnantes (Günthardt-Goerg *et al.* 2013). La relation entre la croissance des pousses et celle des racines évolue aussi afin de maintenir l'approvisionnement en eau, phénomène vital. En cas de sécheresse, proportionnellement davantage d'énergie est investie dans la formation des racines.

Un grand nombre d'expériences de croisement et d'études génétiques indiquent que les chênes pédonculés, sessiles et pubescents peuvent échanger des gènes. Dans la nature, cette hybridation se heurte toutefois à des limites car les espèces de chênes fleurissent par exemple à des moments différents ou ont un pollen incompatible. Les croisements ne réussissent donc pas souvent. Pour l'hybridation de deux espèces de chênes, la science parle aujourd'hui d'un phénomène relativement rare, mais néanmoins significatif: rare au point que les barrières entre les espèces demeurent, mais fréquent au point que les espèces peuvent échanger des gènes via des croisements et des rétrocroisements (fig. 4). Il existe ainsi entre les espèces des échanges de caractéristiques spécifiques typiques, ce qui, en présence de modifications environnementales sévères, est considéré comme un atout du «système global» (Kremer



Fig. 2. Le geai oublie une partie des quelque 4000 glands qu'il a enterrés en automne comme provision hivernale, ou ne les retrouve plus. Les cachettes soigneusement sélectionnées offrent des conditions favorables à la germination des glands et à la croissance des plantules.

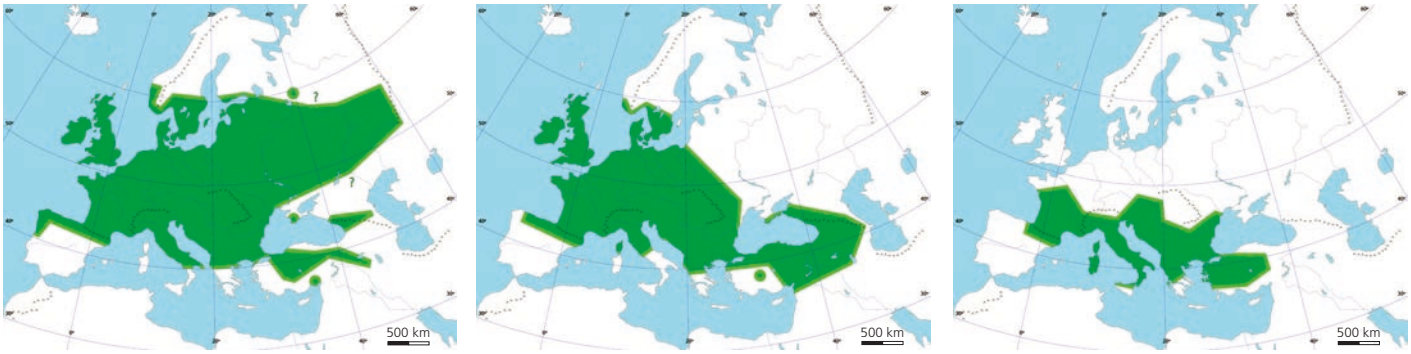


Fig. 3. Les grandes zones de répartition contigües du chêne pédonculé (à gauche), du chêne sessile (au milieu) et du chêne pubescent (à droite) permettent l'échange de gènes entre des populations de zones climatiques et de stations diverses, augmentant ainsi le potentiel d'adaptation de ces espèces (Rudow 2013).

2010). En Suisse, l'imbrication étroite entre le chêne pubescent et le chêne sessile donne lieu à des formes transitoires hybrides. Celles-ci constituent au sud des Alpes (Tessin), dans les vallées alpines (Valais), et au nord des Alpes (chaînes méridionales du Jura, Jura argovien, vallée du Rhin saint-galloise et région de Coire) de vastes essaims hybrides, qui se distinguent nettement des peuplements européens voisins et notamment des méditerranéens (AAS 1998).

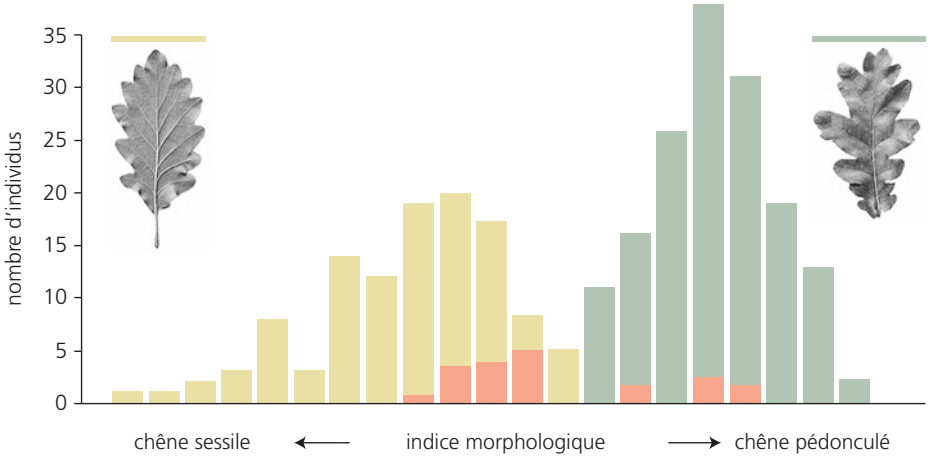


Fig. 4. Détermination de l'espèce d'après des caractéristiques morphologiques et génétiques. L'indice morphologique (colonnes) et les études génétiques (couleurs) indiquent l'appartenance au type «chêne sessile» et «chêne pédonculé», et en rouge au type «hybride» (modifié d'après Lepais 2008).

Le chêne en Suisse

Les principales zones de répartition du chêne se situent sur le Plateau, dans le Jura à basse altitude, ainsi qu'au sud des Alpes et en Valais (fig. 5). À noter toutefois que le chêne sessile est beaucoup plus fréquent que le chêne pédonculé dans le Jura, les vallées alpines et au Tessin. L'ouest du Plateau présente la concentration de chênes la plus élevée, avec une proportion de tiges de l'ordre de 7 %. Les peuplements où prédominent les chênes se rencontrent en particulier dans les cantons de Genève et de Vaud, à basse altitude au Tessin et dans le sud des Grisons, dans la vallée inférieure du Rhône, au bord du lac de Bienne et par endroits à l'est du Jura et du Plateau (Brändli 2010; Abegg *et al.* 2014). La grande majorité des chênes se trouve dans des peuplements mélangés où leur degré de recouvrement est inférieur à 50 %. Ces peuplements occupent pour la plupart des stations de hêtraies (Brändli 2013), où le chêne réussit en général à se maintenir grâce à la promotion de longue date par l'être humain.

Les espèces de chênes observées en Suisse représentent 2,2 % du volume sur pied de la forêt suisse (9,1 mio de m^3) et constituent l'essence dominante sur 25 000 ha environ (Brändli 2010). Chez le chêne pédonculé et le chêne sessile, le matériel sur pied (volume de bois en m^3) a augmenté entre 1993 et 2006, tandis que le nombre de tiges a diminué (tabl. 1). Chez les deux principales espèces de chênes, le nombre d'arbres baisse ainsi en continu, tandis que leur diamètre s'accroît. Cette tendance n'évoluera pas dans un proche avenir car les plus jeunes classes d'âge (0–40 ans) sont sous-représentées en termes de surface (fig. 6). Chez le chêne pubescent au contraire, le volume et le nombre de tiges ont progressé d'environ un tiers. Un tiers à nouveau de cette augmentation s'explique par le phénomène suivant: des forêts aux nombreux rejets de souche (taillis) déjà existantes ont dépassé le seuil de l'inventaire (fig. 7). Venant s'ajouter à la modification des usages liés à la forêt (abandon du pacage en forêt et de la récolte de litière), les conditions climatiques favorables au chêne pubescent sont aussi probablement responsables de cette évolution (Rigling *et al.* 2006).

Même si le chêne pédonculé, le chêne sessile et le chêne pubescent entrent en contact génétique, les trois espèces ont chacune des exigences stationnelles spécifiques et se comportent différemment au niveau écologique (tabl. 2). Le chêne sessile privilégie les sols perméables, frais à secs, tandis que le chêne pédonculé croît souvent sur des sols profonds, argileux et bien approvisionnés en eau, de même que dans des

stations humides à mouillées, et temporairement inondées (dans les forêts alluviales par exemple). Au nord des Alpes, dans les Alpes centrales et dans de vastes parties des Alpes du Sud, le chêne pubescent colonise des stations calcaires extrêmement sèches et peu profondes, et se rencontre surtout sur des pentes exposées au sud. Les préférences écologiques des espèces de chênes ne se traduisent toutefois pas par une séparation spatiale complète de leur population. Vu la mosaïque souvent très fine de stations en Suisse, le chêne pédonculé et le chêne sessile cohabitent souvent, parfois même aux côtés du chêne pubescent (Kissling 1980).

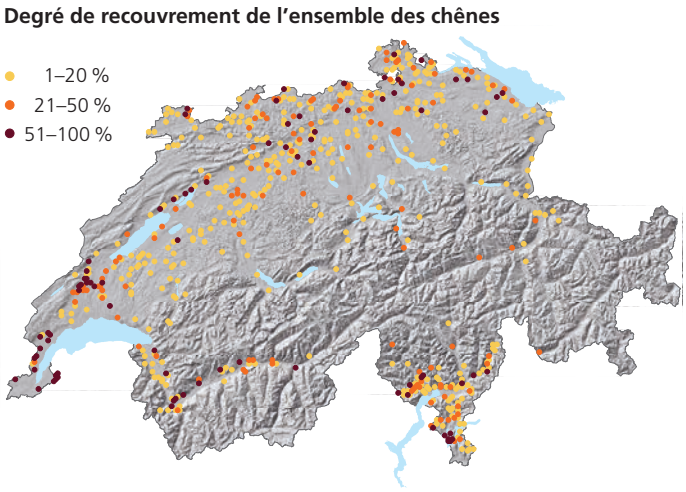


Fig. 5. Populations de chênes sur les placettes terrestres de l'IFN3 2004/06 (forêt accessible sans la forêt buissonnante). Le degré de recouvrement du chêne pédonculé, du chêne sessile et du chêne pubescent est représenté (Brändli 2013). Modèle de terrain: MNT25 © 1994 Office fédéral de topographie.

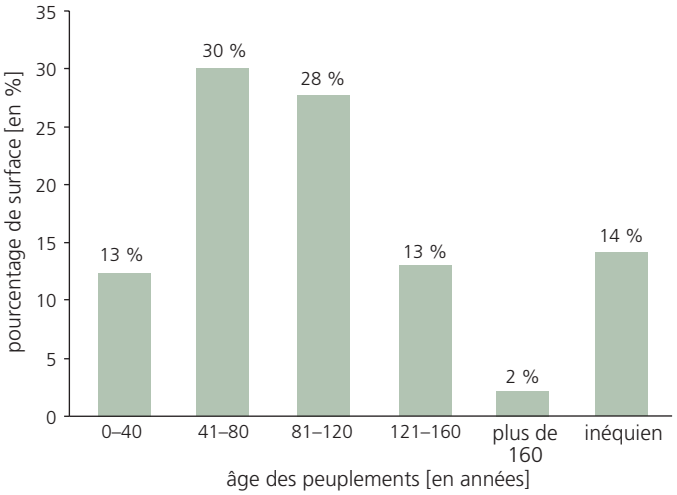


Fig. 6. Âge des peuplements en pourcentage de l'ensemble des populations de chênes sur 25 000 ha environ dans l'IFN3 2004/06 (Brändli 2013).

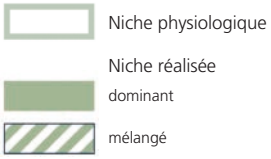
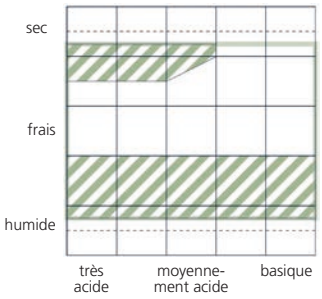
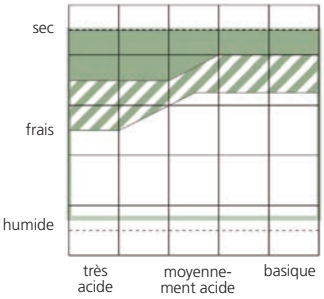
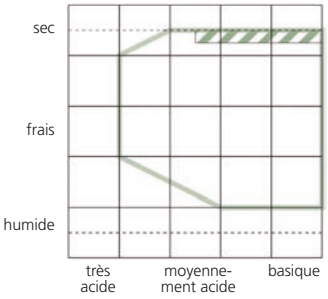
Le régime hydrique est indubitablement l'un des principaux facteurs de différenciation écologique. D'où la nécessité de le prendre encore davantage en considération comme critère d'évaluation des stations et du choix des espèces dans le cadre de la modification des conditions climatiques. Même si le chêne pédonculé bénéficie de conditions optimales dans les stations bien approvisionnées en eau et présente alors la meilleure croissance, on le retrouve sur différents substrats (acides à basiques), à diverses altitudes (collinéenne à sous-montagnarde) et dans des zones climatiques tant océaniques que continentales. Malgré ces qualités, il s'avère plus sensible que le chêne sessile en cas de sécheresse, en raison d'une moindre efficacité d'utilisation de l'eau (Gailing 2010) et d'une moindre performance de la photosynthèse (Arend *et al.* 2013).

Les essences réagissent différemment au changement climatique. Leurs caractéristiques écologiques, les structures des peuplements et des populations, les relations avec les autres essences et les autres organismes, sont alors déterminantes. À l'aide de simulations les plus diverses, on essaie aujourd'hui de représenter leur répartition dans les conditions climatiques escomptées pour l'avenir. Quelle que soit la méthode utilisée, on distingue toujours une nette extension et un déplacement des populations de chênes. Les chênes feront ainsi probablement partie des bénéficiaires des changements climatiques et seront sans doute plus fréquents qu'aujourd'hui dans la forêt suisse de demain. Ainsi, sur le Plateau, ils profiteront vraisemblablement de l'affaiblissement du hêtre. Les résultats des simulations deviendront-ils réalité? La réponse à cette question dépendra aussi de l'offre en graines, de la végétation concurrente et en particulier de la gestion forestière. Par conséquent, des affirmations sur l'évolution dans

Tabl. 1. Paramètres concernant la fréquence et l'importance des espèces indigènes de chênes en Suisse (unité d'interprétation: forêt accessible sans la forêt buissonnante). Comparaison entre l'Inventaire forestier national IFN3 2004/2006 et l'IFN2 1993/1995 (Brändli 2010 et Brändli 2013).

	Volume sur pied 2004/06		Nombre de tiges 2004/06		Modification du volume sur pied		Modification du nombre de tiges		Accroissement brut		Exploitation annuelle	
	1000 m³	± %	1000 tiges	± %	%	±	%	±	1000 m³/J.	± %	1000 m³/J.	± %
Chêne pédonculé	3564	11	2612	11	1,6	4,5	-14,6	5,4	65,2	15	41,1	23
Chêne sessile	4986	9	6686	10	8,5	5,6	-7,8	4,1	89,3	14	61,1	23
Chêne pubescent	370	25	1584	21	31,2	17,2	35,2	16,9	4,9	51	0,1	100
Chêne chevelu	44	48	85	41	27,9	29,7	30,1	28,9	1,3	49	0	0
Total	8964	7	10967	7	6,5	3,4	-5,6	3,0	16,7	10	102,3	16

Tabl. 2. Les exigences écologiques des trois principales espèces de chênes en Suisse (modifié d'après EPF Zurich 2002 et Rudow 2013).

Caractéristique	Chêne pédonculé	Chêne sessile	Chêne pubescent
Compétitivité	moyenne	moyenne	faible
Tolérance à l'ombre (en prime jeunesse)	moyenne (essence de mi-ombre), essence de lumière à partir du fourré	moyenne (essence de mi-ombre)	faible (essence de lumière)
Croissance	croissance très rapide en jeunesse (généralement plus rapide que celle du chêne sessile)	croissance très rapide en jeunesse	productivité inférieure à celle du chêne pédonculé et du chêne sessile
Besoin de chaleur	élevé	élevé	très élevé (chaleur estivale très importante)
Froid hivernal	moyennement sensible	sensible	moyennement sensible (pénètre profondément dans les zones continentales)
Gels tardifs	moyennement sensible	sensible	sensible
Approvisionnement en eau	privilégie les sols bien approvisionnés	peu exigeant	très peu exigeant
Sécheresse	moyennement sensible	peu sensible	insensible
Approvisionnement nutritif	moyennement exigeant (privilégie les sols fertiles)	peu exigeant	peu exigeant
Écogrammes 			

le temps de la répartition des chênes restent difficiles. En Valais et dans d'autres vallées alpines, le chêne pubescent se propage effectivement aux dépens du pin sylvestre, mais les causes de ce changement sont diverses. La sécheresse estivale est manifestement corrélée avec la mortalité accrue du pin sylvestre (Rigling *et al.* 2013), alors que le chêne pubescent est davantage épargné. S'ajoutant à la sécheresse, d'autres facteurs sont néanmoins responsables de ce changement d'essences. Ainsi, l'abandon du pacage en forêt, jadis courant, et de la récolte de litière ont donné lieu à des peuplements plus sombres, augmentant la couche d'humus au sol; ces nouvelles conditions favorisent les plantules et recrûs du chêne au détriment du pin sylvestre. Celui-ci doit en outre faire face à différents problèmes phytosanitaires (infestation par le gui, par des champignons, des nématodes et des insectes; Rigling *et al.* 2006).

Différentes communautés d'insectes défoliateurs peuvent prendre le chêne pour cible. En Suisse, lors de défoliation totale ou



Fig. 7. Même dans les sites exposés, les forêts de chênes pubescents furent abattues pendant les années de guerre de la première moitié du XX^{e} siècle, à des fins d'approvisionnement en bois de chauffage. Les peuplements présentent aujourd'hui de nombreux rejets de souche et gagnent à nouveau en volume.




Fig. 8. Des houppiers de chênes complètement défoliés par des cheimatobies, et la chenille de l'Hibernie défeuillante *(Erannis defoliaria).*

partielle, on observe le plus souvent les espèces de cheimatobies (*Erannis defoliaria* et *Opterophtera brumata*) (fig. 8), la tordeuse du chêne *(Tortrix viridana)*, ainsi que le bombyx cul brun *(Euproctis chrysorrhoea)* sur les arbres isolés. Les chênes affaiblis sont infestés par des champignons parasites tels que l'armillaire (*Armillaria* sp.) ou la collybie à pied en fuseau *(Collybia fusipes)*. Cette dernière détruit les racines principales, réduisant par là même la résistance des arbres aux tempêtes. Depuis des siècles, le dépérissement du chêne fait des apparitions périodiques en Europe (Delatour 1983). On suppose que ce phénomène est dû à une combinaison de plusieurs facteurs pathogènes dont les extrêmes climatiques (gels hivernaux, sécheresse), une défoliation totale antérieure (insectes) et des déséquilibres nutritifs. Le chêne pédonculé semble plus sujet à ce dépérissement que le sessile.

À ce jour, la Suisse a été épargnée par un dépérissement du chêne à vaste échelle. Des signalements de défoliation non spécifique du houppier de vieux chênes ont toutefois été enregistrés (Meier *et al.* 2013). Les espèces introduites sont potentiellement encore plus dangereuses que les parasites déjà connus. En ce qui concerne le chêne, *Phytophthora ramorum*, un microorganisme similaire à un champignon, doté d'un grand potentiel pathogène, fait par exemple l'objet d'une attention particulière (Infraconsult 2011). Des prévisions sur le développement des parasites et maladies potentiels du chêne liés aux changements climatiques ne sont toutefois possibles que de façon limitée. Depuis quelques années, la processionnaire du chêne *(Thaumetopoea processionea)*, espèce thermophile, est présente de façon accrue dans certains pays. Celle-ci peut occasionner des désagréments pour les êtres humains et les animaux car les poils fins de ses chenilles sont susceptibles de déclencher des réactions allergiques au niveau de la peau et des muqueuses.

Saisir les occasions d'agir

Créer les bases politiques et opérationnelles

L'expression «Le chêne, il faut le vouloir!» sera sans doute encore longtemps d'actualité car la faiblesse concurrentielle de cette essence sur les stations fertiles perdurera un certain temps (Otto *et al.* 2009). En plus d'une sylviculture exigeante, travailler avec le chêne demande des investissements particuliers: préparation des surfaces de rajeunissement, plantation, protection contre le gibier, soins coûteux (environ 30 000 CHF/ha). Le choix du chêne doit de ce fait être supporté par toutes les parties concernées, toutes étant sollicitées: des services forestiers de la Confédération et du canton jusqu'au propriétaire forestier et au gestionnaire (fig. 9). Au niveau des entreprises forestières, des décisions contraignantes, formulées clairement, facilitent la planification à long terme et la mise en œuvre d'une stratégie de promotion du chêne (stratégie et charte d'entreprise, plan de gestion et planification sylvicole).

Pour une entreprise forestière, rajeunir en chênes, puis soigner ces peuplements représentent des coûts considérables. Des méthodes de régénération et de soins optimisées sont dès lors déterminantes. La plantation par touffes est une méthode éprouvée qui offre des avantages économiques et écologiques par rapport aux plantations en plein (Koch et Brang 2005). Une protection coûteuse contre le gibier et des dégâts périodiques de neige lourde sont indissociables de la sylviculture du chêne. Sur fond de réchauffement climatique, ces questions devraient ne rien perdre de leur actualité.

Protéger la valeur naturelle élevée

En plus de son intérêt historicoculturel et économique, le chêne se caractérise par sa valeur naturelle élevée (Bonfils *et al.* 2005). De nombreux petits mammifères, oiseaux, insectes et autres invertébrés, ainsi que des champignons, des lichens et des mousses, utilisent les chênes et les forêts riches en chênes comme habitat. En Europe centrale, de 300 à 500 espèces dépendent directement ou indirectement du chêne. Environ le même nombre d'organismes recourent à cette essence de façon facultative. Quelque 300 espèces d'insectes – trois fois plus que chez le hêtre – se retrouvent exclusivement sur le chêne. Afin de protéger et de développer ces hauts-lieux de biodiversité, la Confédération et les cantons soutiennent la création de forêts riches en chênes et leurs soins par des conventions-programmes (OFEV 2011). Les organismes qui utilisent ces habitats sont favorisés grâce au plan d'action pour la conservation des espèces prioritaires. Un plan d'action national a par exemple été élaboré pour le pic mar (fig. 10) (Pasinelli *et al.* 2008). Il revêt une importance particulière pour le chêne car la conservation des vieux chênes y joue un rôle central.

Accroître les populations de chênes

Le fait que les peuplements contenant des chênes soient souvent de faible étendue et mélangés complique la gestion efficace et ciblée de cette essence. Une densification et une extension des populations existantes sur des stations appropriées sont donc souhaitables, non seulement pour des raisons écologiques mais aussi opérationnelles. Sous l'angle de la gestion forestière, le chêne est actuellement caractérisé, dans de nombreux cantons, par un excédent de vieux peuplements (voir la fig. 6). Étant donné que les vieux bois doivent être conservés à des fins de biodiversité, une répartition plus durable des classes d'âge ne pourra avoir lieu qu'en créant des peuplements supplémentaires de chênes, et ce le plus souvent par plantation. Une étude phytosociologique conduite dans le canton de Vaud montre que des stations appropriées existent déjà selon les régions: l'extension de 65 % de l'aire occupée par le chêne y serait possible (Horisberger et Meylan 2009). La plantation de chênes est soutenue financièrement par la Confédération et par certains cantons pour des raisons de promotion de la biodiversité. Ainsi, dans de nombreux endroits, il existe des conditions-cadres qui permettent la création de populations de plus grande taille, plus diversifiées sur le plan génétique et interconnectées. Certains cantons disposent déjà de stratégies exhaustives et bénéficiant d'une large assise, réalisant de ce fait un précieux travail de pionnier pour promouvoir le chêne (fig. 11).

Le choix de l'espèce de chêne appropriée est l'une des principales questions qui se posent lors de la création de nouveaux peuplements (fig. 12). Choisir une espèce adaptée à la station est devenu encore plus important dans le contexte du changement climatique. Dans un futur proche, il s'agit surtout de trancher entre le chêne pédonculé et le chêne sessile. En cas de doutes sur un approvisionnement hydrique suffisant de la station dans de nouvelles conditions climatiques, il est recommandé de renoncer à l'utilisation du chêne pédonculé.

Préserver et sauvegarder les ressources génétiques

Le rajeunissement artificiel des peuplements n'a cessé de diminuer ces vingt dernières années dans la forêt suisse. Dans la pratique forestière et au sein de l'administration, l'intérêt pour les questions liées au matériel forestier de reproduction s'est par là même amoindri. Cette évolution est fort préjudi-



Fig. 9. Dans la charte de son entreprise forestière, la bourgeoisie de Büren a. A. (BE) spécifie son engagement à long terme en faveur du chêne. Avec la participation de la Confédération, le canton de Berne soutient les propriétaires forestiers dans la création et l'entretien de chênaies.



Fig. 10. Le pic mar est considéré comme une espèce indicatrice des chênaies biologiquement précieuses. Pour s'établir, il nécessite de 10 à 30 chênes par ha dont le diamètre à hauteur de poitrine est de 35 cm minimum (Pasinelli *et al.* 2008).

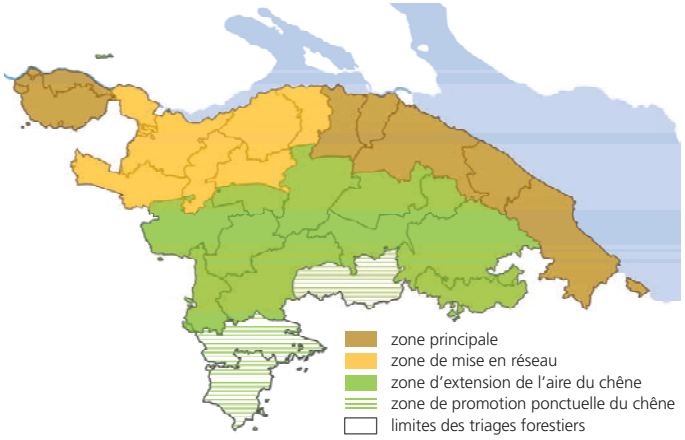


Fig. 11. Dans son projet sur les chênes datant de 2010, le canton de Thurgovie a prévu la mise en réseau et l'extension de l'aire des chênaies (carte issue du projet cantonal).

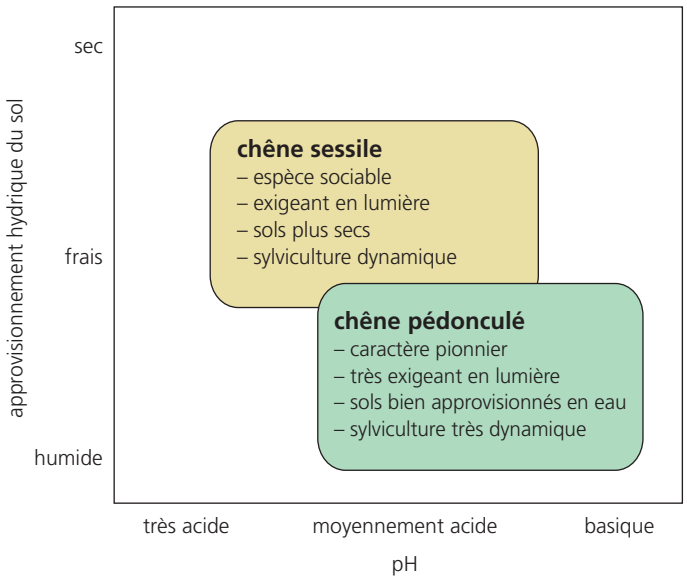


Fig. 12. Secteurs d'utilisation du chêne pédonculé et du chêne sessile dans l'écogramme (modifié d'après LEMAIRE 2010).

ciable au chêne car en de nombreux endroits, son rajeunissement naturel n'étant que difficilement possible, le recours aux plantations est fréquent. Si l'on choisit d'accompagner l'élargissement de l'aire des chênaies sur le plan sylvicole et de le soutenir de façon active, il faut tabler sur un besoin croissant de plants forestiers à l'avenir. Pour que les gestionnaires disposent de matériel de reproduction approprié, il importe de garantir l'entretien des peuplements semenciers et de contrôler l'ensemble des peuplements semenciers potentiels de façon périodique. On empêche ainsi que seul un petit nombre de provenances étrangères très prisées ne soit utilisé.

Des études génétiques dans des chênaies suisses indiquent que jusqu'au XIX^{e} siècle, seules quelques graines et plants furent transportés par l'être humain sur de longues distances. Chez les populations âgées de chênes, parler encore aujourd'hui de peuplements autochtones est donc vraisemblable (MÁTYÁS *et al.* 2002). Même si, fondamentalement, il est impossible de présager leur comportement dans les conditions environnementales futures, il importe de noter que ces peuplements sont actuellement bien adaptés à leur station et constituent des ressources génétiques qu'il convient de préserver et d'utiliser.

Investir dans le rajeunissement

Le rajeunissement fait partie des phases les plus importantes de l'évolution d'un peuplement. Sur fond de changement climatique, les points suivants méritent une attention particulière:

– Le rajeunissement naturel offre de grandes possibilités de sélection et accroît le potentiel d'adaptation évolutive (fig. 13). Autant que faire se peut, il est donc à privilégier au détriment du rajeunissement artificiel dont la diversité génétique est moindre (DUCOUSSO et BORDACS 2004).
– Il existe néanmoins de bons arguments en faveur du rajeunissement artificiel: un rajeunissement naturel insuffisant, une forte concurrence végétale ou tout simplement un manque d'arbres semenciers. Or, le rajeunissement artificiel joue un rôle important dans l'extension des populations de chênes existantes et dans l'introduction éventuelle de matériel génétique extérieur complémentaire. Il importe de s'attacher particulièrement au choix, à la récolte et à la production de matériel de reproduction approprié (espèce de chêne et provenance adaptées à la station).
– Le geai peut fortement soutenir la propagation du chêne (MIL-Brandenburg 2012). Les gestionnaires devraient intégrer les plages de rajeunissement naturel dans leurs réflexions sylvicoles.

Préconiser des soins sylvicoles et des éclaircies

Malgré la relative tolérance des chênes à la sécheresse, les changements climatiques ne les épargneront sans doute pas complètement. Il faut donc tabler sur des populations stressées au cours des prochaines décennies. Afin de prévenir les dégâts, il convient de proposer les meilleures conditions de croissance possibles. D'où l'attention particulière à accorder à la régulation de la concurrence car les chênes seront sans doute encore exposés à une concurrence interspécifique élevée dans un proche avenir. Dans les peuplements mélangés de chênes sur des stations fertiles, la faiblesse concurrentielle de cette essence (ROHNER *et al.* 2012; OTTO *et al.* 2009) doit aussi continuer d'être compensée par des soins sylvicoles et des éclaircies.

Les recommandations sylvicoles suivantes sont données à titre d'information et ne s'appliquent pas forcément à tous les cas de figure. Elles doivent être éprouvées dans la pratique et contrôlées dans l'optique de l'écologie, de la technique de production et de l'économie.

– Sitôt que, après une phase d'autodifférentiation des jeunes peuplements, le potentiel de croissance des individus est reconnaissable, le développement de leur houppier et leur vigueur seront favorisés par des interventions sylvicoles énergiques. Cela permet ainsi de limiter le stress d'origine climatique et de ré-

duire la vulnérabilité aux maladies et aux parasites.
– Dans un environnement en constante évolution et marqué par le stress, la vigueur d'un arbre revêt une importance accrue. Par conséquent, les arbres d'avenir seront choisis en accordant plus de poids à leur vigueur qu'à des critères de qualité ou d'espacement.
– Lors d'interventions sylvicoles, une approche différenciée par espèce est à respecter: le chêne pédonculé nécessite des interventions plus fortes et une sylviculture plus active que le chêne sessile.
– Les vieux peuplements également sont à éclaircir périodiquement pour éviter l'étriquement des houppiers (fig. 14). Ainsi, la vigueur et la production de graines s'en trouveront favorisées. Les vieux peuplements de chênes sont souvent autochtones et représentent de précieuses ressources génétiques à préserver et à sauvegarder.



Fig. 13. Dans les chênaies existantes, le rajeunissement naturel offre la meilleure garantie possible pour préserver la diversité génétique.

Utiliser des régimes sylvicoles différents pour favoriser la diversité biologique

Le chêne est l'une des rares espèces qui puisse être cultivée en taillis, taillis-sous-futaie, futaie, ainsi qu'en forêt pérenne (fig. 15). À l'heure actuelle, le régime du taillis et du taillis-sous-futaie jouent un rôle marginal en Suisse, mais pourraient connaître un nouvel essor du fait de la transition énergétique. Le plus expérimenté des régimes est, dans notre pays, celui de la futaie régulière. Ce dernier prévaut traditionnellement sur des peuplements relativement vastes et réguliers (surface minimale de régénération de 0,5 ha). La futaie permet sans doute la mise en pratique la plus aisée des concepts d'une sylviculture dynamique (voir le paragraphe précédent). Le régime de la forêt pérenne gagne en popularité en Suisse, même si les expériences concernant l'intégration du chêne restent encore rares à ce jour.

Sur des stations fertiles, une sylviculture dynamique appliquée aux peuplements purs et réguliers de chênes devrait permettre de réduire leur révolution à 100 ou 120 ans (fig. 15 à gauche; Lemaire 2010). De telles révolutions courtes limitent les risques de production et permettent, lors du rajeunissement, d'anticiper de quelques décennies la «réorientation génétique» de la population. Le chêne est toutefois aussi présent dans des peuplements mélangés et irréguliers (de type forêt pérenne; fig. 15 à droite)



Fig. 14. Le dégagement des chênes comprimés (soins aux houppiers) renforce leur vigueur. Les vieux arbres apportent une précieuse contribution à la stabilité du peuplement et augmentent la biodiversité. Grâce à une fructification accrue, ils participent à la propagation de leur espèce.

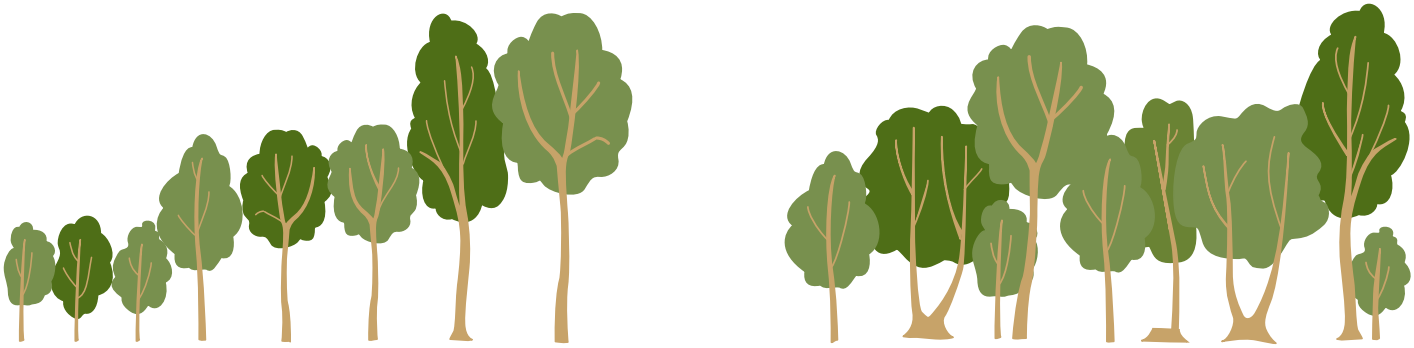


Fig. 15. Chaque régime sylvicole comporte son lot d'avantages et d'inconvénients (peuplements réguliers à gauche et étagés à droite; modifié d'après Brändli 2010).

où, grâce à ses caractéristiques, il agit comme élément stabilisateur du peuplement (résistance aux tempêtes accrue de ce dernier). Dans de tels peuplements mélangés, il est possible que les problèmes phytosanitaires soient plus faciles à éviter car la pullulation et la propagation d'insectes nuisibles et de maladies y sont moins aisées.

Actuellement, il est encore trop tôt pour se prononcer de manière définitive sur les avantages et les inconvénients des différents régimes sylvicoles. On ne pourra cependant pas à l'avenir faire l'économie de cette discussion, précisément parce qu'il n'existe pas «un seul et unique régime sylvicole valable» pour la culture du chêne. En 150 ans d'histoire, la sylviculture en Suisse montre qu'une approche non dogmatique, adaptée à la situation et façonnée par le gestionnaire local, débouche sur des forêts proches de la nature et diversifiées biologiquement.

Conclusion

Disposant d'un potentiel élevé d'adaptation, les espèces indigènes de chênes sont prêtes à accueillir les changements climatiques du fait de leurs caractéristiques morphologiques, physiologiques et écologiques. Même si l'on peut s'attendre à une propagation croissante du chêne à basse et moyenne altitude, il est probable que les changements environnementaux escomptés n'épargneront pas non plus cette essence. Dans la perspective sylvicole, il s'agit ainsi d'accompagner les processus «naturels» et de prendre toutes les mesures nécessaires afin de préserver des populations de chênes vigoureuses et capables d'évoluer. Il faut dès lors veiller à ce que les options retenues restent axées sur la forêt en tant qu'écosystème et moyen de production. En outre, la thématique du chêne ne doit pas être considérée de façon isolée, mais uniquement dans un contexte sylvicole et opérationnel au niveau des entreprises forestières. Il ne fait cependant aucun doute que, dans le cadre du changement climatique, les espèces indigènes de chênes élargiront la marge de manœuvre sylvicole. Par leur présence renforcée, elles contribueront ainsi à un enrichissement du paysage forestier suisse de demain.

Origines locales face à des provenances introduites

Depuis la fin du XIX^{e} siècle, nombre d'essais menés avec différentes provenances de chênes ont été réalisés en Europe. Une évaluation récapitulative de ces essais indique une grande variation au niveau des paramètres examinés, tant pour les caractéristiques morphologiques (pollen, graines, bois et croissance) que pour les propriétés physiologiques pertinentes en vue de l'adaptation aux changements climatiques (germination et débourrement par exemple) (Kleinschmitt 1993). Malgré le flux génétique efficace sur de longues distances, la station assure manifestement une sélection continuelle et la constitution de populations adaptées à l'échelle locale (Neophytou *et al.* 2010). Lors de la formation artificielle de peuplements de chênes, on réfléchit aussi, dans le contexte du changement climatique, à un potentiel transfert de provenances de chênes depuis des régions au climat plus chaud et plus sec. Actuellement, cette thématique fait toutefois l'objet de discussions controversées. Les partisans y voient avant tout la chance de pouvoir utiliser du matériel génétique mieux adapté à l'enrichissement des populations locales (Kremer 2010). Les détracteurs arguent que les changements environnementaux futurs ne peuvent pas être prévus avec une précision suffisante et qu'il n'existe de ce fait aucune recommandation ni aucun critère pour le choix du matériel potentiellement le mieux adapté (Finkeldey et Hattemer 2010). Indépendamment de cet aspect, grâce aux grands progrès de la recherche génétique, des données sur les caractéristiques des provenances, pertinentes pour l'adaptation (débourrement, tolérance au stress hydrique; Gailing 2010), seront disponibles dans un proche avenir. De telles informations relanceront la discussion sur l'utilisation du matériel forestier de reproduction le mieux adapté. À l'heure actuelle, il n'est toutefois pas possible d'émettre avec certitude des recommandations sur l'introduction de provenances déterminées.

Bibliographie

Aas, G., 1998: Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten: Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. Libri Botanici (IHW-Verlag, Eching b. München) Bd. 19. 221 S.

Abegg, M.; Brändli, U.-B.; Cioldi, F.; Fischer, C.; Herold-Bonardi, A.; Huber M.; Keller, M.; Meile, R.; Rösler, E.; Speich, S.; Traub, B.; Vidondo, B., 2014: Viertes Schweizerisches Landesforstinventar – Ergebnistabellen und Karten im Internet zum LFI 2009–2013 (LFI4b). [Published online 06. 11. 2014] Available from World Wide Web <http://www.lfi.ch/resultate/>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.

Arend, M.; Brem, A.; Kuster, T.M.; Günthardt-Goerg, M.S., 2013: Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. Plant Biol., 15 (Suppl. 1): 169–176.

BAFU Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) 2011: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich. Umwelt-Vollzug Nr. 1105. 222 S.

Bonfils, P.; Horisberger, D.; Ulber, M., (Red.) 2005: Förderung der Eiche. Strategie zur Erhaltung eines Natur- und Kulturerbes der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 383. Hrsg.: proQuercus; Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 102 S.

Bonfils, P.; Kuster, T.; Fonti, P.; Arend, M.; Vollenweider, P.; Junod, P.; Günthardt-Goerg, M.S., 2013: Die Eiche reagiert plastisch. Die Eiche im Klimawandel, Teil 2: Trockenheit und Anpassung. Wald Holz 3,13: 45–49.

Brändli, U.-B., (Red.) 2010: Inventaire forestier national suisse. Résultats du troisième inventaire 2004–2006. Institut fédéral de recherches WSL. Birmensdorf; Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. 312 p.

Brändli, U.-B., 2013: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Spezialauswertungen und Datenbankauszug der Erhebung 2004/2006 und 1983/85 vom 30. Oktober 2013. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.

CH2011, 2011: Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz (Zusammenfassung). Hrsg.: C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, OcCC. 6 S.

Delatour, C., 1983: Les dépérissements de chênes en Europe. Rev. for. fr. XXXV, 4: 265–282.

Ducousso, A.; Bordacs, S., 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 p.

ETH-Zürich, 2002: Mitteleuropäische Waldbaumarten. Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Unveröffentlicht. Professur für Waldbau, Professur für Forstschutz und Dendrologie. Eidg. Technische Hochschule Zürich.

Finkeldey, R.; Hattemer, H.H., 2010: Genetische Variation in Wäldern – wo stehen wir? Forstarchiv 81: 123–129.

Gailing, O., 2010: Erfassung der adaptiven genetischen Variation der Eiche im Hinblick auf den Klimawandel. Schweiz. Z. Forstwes. 161, 6: 216–222.

Gerber, S.; Chadœuf, J.; Gugerli, F.; Lascoux M.; Buiteveld J.; Cottrell JE.; Dounavi A.; Fineschi S.; Forrest L.; Fo-gelqvist J.; Goicoechea PG.; Jensen JS.; Salvini D.; Vendramin GG.; Kremer A., 2014: High rates of gene flow by pollen and seed in oak populations across Europe. PLoS ONE 9:e85130.

Günthardt-Goerg, M.S.; Kuster, T.M.; Arend, M.; Vollenweider, P., 2013: Foliage response of young central European oaks to air warming, drought and soil type. Plant Biol. 15 (Suppl. 1): 185–197.

Horisberger, D.; Meylan, M., 2009: Aire et gestion des ressources en chêne du canton de Vaud: dossier d'un avenir immédiat. Schweiz. Z. Forstwes. 160: 65–73.

Infraconsult, 2011: Konzept zum Umgang mit biotischen Gefahren im Wald. Bundesamt für Umwelt BAFU. 58 S.

Kissling, P., 1980: Clef de détermination des chênes médioeuropéens *(Quercus L.)*. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 90: 29–44.

Kleinschmitt, J., 1993: Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. Ann. Sci. For. 50 (Suppl 1): 166–185.

Koch, R.; Brang, P., 2005: Extensive Verjüngungsverfahren nach Lothar. Schlussbericht zuhanden der Eidg. Forstdirektion des BUWAL. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 90 S.

Kremer, A., 2010: Evolutionary responses of European oaks to climate change. Ir. For. 11–20.

Lemaire, J., 2010: Le chêne autrement. Editeur IDF – Forêt privée française. 176 p.

Lepais, O., 2008: Dynamique d'hybridation dans le complexe d'espèces des chênes blancs européens. Bordeaux, Thèse de Sciences – Université de Bordeaux. 279 p.

Mátyás, G.; Bonfils, P.; Sperisen, C., 2002: Autochthon oder allochthon? Ein molekulargenetischer Ansatz am Beispiel der Eichen (*Quercus* spp.) in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 153, 3: 91–96.

Meier, F.; Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O.; Angst, A., 2013: Protection des forêts – Vue d'ensemble 2012. WSL Ber. 2: 28 p.

MIL-Brandenburg, 2012: Fleissiger Helfer beim Waldumbau. Der Eichelhäher. Hrsg. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum For. Eberswalde. Faltblatt. 4 S.

Neophytou, C.; Aravanopoulos, FA.; Dounavi, A., 2010: Detecting interspecific and geographic differentiation patterns in two interfertile oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur* L.) using small sets of microsatellite markers. For. Ecol. Manage. 259: 2026–2035.

Otto, D.; Wagner, S.; Brang, P., 2009: Konkurrenz zwischen Stieleiche und Buche auf Lothar-Sturmflächen. Schweiz Z. Forstwes. 160, 5: 114–123.

Pasinelli, G.; Weggler, M.; Mulhauser, B., 2008: Aktionsplan Mittelspecht Schweiz. Artenförderung Vögel Schweiz. Bern, Sempach & Zürich. Umwelt-Vollzug Nr. 0805. Bundesamt für Umwelt, Schweizerische Vogelwarte, Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz. 67 S.

Perroud, S.; Bader, M., 2013: Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 1308. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich. 86 S.

Rigling, A.; Dobbertin, M.; Bürgi, M.; Gimmi, U.; Graf Pannatier, E.; Gugerli, F.; Heiniger, U.; Polomski, J.; Rebetez, M.; Rigling, D.; Weber, P.; Wermelinger, B.; Wohlgemuth, T., 2006: Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans? Not. prat. 41: 16 p.

Rigling, A.; Bigler, C.; Eilmann, B.; Mayer, P.; Ginzler, C.; Vacchiano, G.; Weber, P.; Wohlgemuth, T.; Zweifel, R.; Dobbertin, M., 2013: Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests. Glob. Chang. Biol. 19: 229–240.

Rohner, B.; Bigler, C.; Wunder, J.; Brang, P.; Bugmann, H., 2012: Fifty years of natural succession in Swiss forest reserves: changes in stand structure and mortality rates of oak and beech. J. Veg. Sci. 23: 892–905.

Rudow, A., 2013: eBot Dendrologie. In: Baltisberger, M.; Conradin, C.; Frey, D.; Rudow, A., 2013: eBot Version 5 (2013). E-learning-Tool zur Unterstützung der Dendrologie-Lehrveranstaltungen an der ETHZ. Webapplikation unter http://www.balti.ethz.ch/tiki/tiki-index.php?page= eBot.

Scherrer, D.; Bader, M.K.-F.; Körner, Ch., 2011: Drought-sensitivity ranking of deciduous tree species based on thermal imaging of forest canopies. Agric. For. Meteorol. 151: 1632–1640.

Remerciements

Cette Notice a été réalisée dans le cadre du projet *QUERCO-Pratique* du WSL, et cofinancée par l'association proQuercus et l'Office fédéral de l'environnement OFEV.

Photos

Patrick Bonfils/naturavali.com (fig. 1, 9, 13 et 14), Ulrich Wasem (fig. 2), Andreas Rigling (fig. 7), Beat Forster (fig. 8 à gauche et à droite), Michael Gerber ASPO/BirdLife Suisse (fig. 10)

Pour de plus amples informations

Association de préservation des chênes proQuercus: www.proquercus.ch

Personnes à contacter

Patrick Bonfils
Impasse des Lucioles 1a
CH-1958 Uvrier
naturavali@gmail.com

Andreas Rigling
Madeleine Günthardt-Goerg
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
andreas.rigling@wsl.ch
madeleine.goerg@wsl.ch

Pascal Junod
Fachstelle Waldbau
Hardernstrasse 20
CH-3250 Lyss
junod@bzwlyss.ch

Stefan Studhalter
proQuercus c/o Forstkreis 7
Abteilung Wald
Weinbergstrasse 17
8090 Zurich
stefan.studhalter@bd.zh.ch

Référence bibliographique

Bonfils, P.; Rigling, A.; Brändli, U.-B.; Brang, P.; Forster, B.; Engesser, R.; Gugerli, F.; Junod, P.; Müller, R.; Günthardt-Goerg, M.S., 2015: Le chêne face aux changements climatiques. Perspectives d'avenir d'une essence. Not. prat. 55: 12 p.

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écoles ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées
Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876.
Les éditions italiennes paraissent occasionnellement dans le périodique
Notizie per la pratica (ISSN 1422-2914) et/ou **Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi**.

Les dernières parutions (consultez www.wsl.ch/notices)

Nº 54: Le chancre de l'écorce du châtaignier. Symptômes, biologie et mesures pour le combattre. D. Rigling *et al.* 2014. 8 p.ws
Nº 53: Mise en réseau des habitats dans le paysage agricole. Chances et risques. D. Csencsics *et al.* 2014. 8 p.
Nº 52: Bois mort en forêt. Formation, importance et conservation. T. Lachat *et al.* 2013. 12 p.
Nº 51: Relevé dans l'espace des loisirs de proximité. M. Buchecker *et al.* 2013. 8 p.
Nº 50: Espèces invasives de capricornes provenant d'Asie – Écologie et gestion. B. Wermelinger *et al.* 2013. 16 p.
Nº 49: Protéger et favoriser les champignons. Senn-Irlet, B. *et al.*, 2012. 12 p.
Nº 48: La biodiversité en ville – pour l'être humain et la nature. M.K. Obrist *et al.* 2012. 12 p.
Nº 47: Mesurer et éviter l'étalement urbain. C. Schwick *et al.* 2011. 12 p.

Managing Editor

Martin Moritzi
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/notices

Traduction: Jenny Sigot Müller, WSL
Mise en page: Jacqueline Annen, WSL
Impression: Rüegg Media AG