

PRO SILVA Europe



Positionspapier

Anpassung der Wälder an die veränderten Umweltbedingungen

Angenommen am 29.6.2012 an der Delegiertenversammlung von La Ferté Bernard, France

Kurzfassung

Die erheblichen Vorteile der naturnahen Waldwirtschaft nach den Prinzipien von Pro Silva Europa hinsichtlich der Anpassung der Wälder an veränderte Umweltbedingungen werden hervorgehoben. Sie ergeben sich aus dem großen genetischen Polymorphismus natürlich verjüngter Baumpopulationen, den sehr hohe Nachkommenszahlen sowie der ständigen Erneuerung. So werden in der Anwuchsphase die bestgeeigneten Individuen natürlich selektiert. Später wird bei den regelmäßig wiederkehrenden waldbaulichen Eingriffen in der gleichen Richtung sukzessiv weitergearbeitet. Gemischte Wälder bieten zusätzliche Vorteile für eine gute Risikokontrolle.

Risiken

Die Beeinträchtigungen der Wälder aufgrund zunehmender, von Menschen verursachter Umweltbelastungen sind äußerst komplex und schwer vorhersehbar geworden. Dabei geht es nicht allein um die voraussichtliche Zunahme der Durchschnittstemperatur infolge des Treibhauseffekts und der damit verbundenen zunehmenden Stürme und Trockenperioden, sondern auch um die Anfälligkeit der Bäume gegenüber Krankheiten. Hinzu kommt der Effekt durch den Nährstoffeintrag in den Boden (Eutrophierung). Er entsteht einerseits durch Niederschläge und andererseits durch die Zunahme der Abbauprodukte von toter Biomasse und aus wirtschaftlichen Gründen nicht genutzten Resten der Holzernte. Dies erhöht einerseits das Wachstum der Wälder, fördert aber auch die Verwilderung des Bodenbewuchses, was eine Ansammlung während der natürlichen Verjüngung stark erschweren kann.

Das Problem besteht also vor allem darin, dass die Folgen vieler Ursachen aufgrund der Komplexität der Wirkungsfaktoren nur schwer vorhersehbar sind und es daher keine eindeutigen Lösungen gibt. Eine mögliche Vorgehensweise besteht darin, Lösungsansätze unter unsicheren Bedingungen zu betrachten und insbesondere Prinzipien der Vorsorge anzuwenden:

- Förderung widerstandsfähiger (resilienter) Baumbestände
- Förderung der optimalen genetischen Diversität
- Förderung der Lebenskraft der Bäume während ihres gesamten Lebenszyklus;

- Diversifizierung durch Förderung von Mischbaumarten.

Sukzessive Anpassung der Wälder

Von allen Lebensformen besitzen Bäume eine der größten genetischen Variationsbreiten, die ihnen ein überdurchschnittliches Anpassungsvermögen verleiht. Dies beruht vorwiegend auf zwei Gründen : erstens haben die Populationen einen hohen genetischen Polymorphismus erhalten, und zweitens ist der Genfluss durch Pollenverbreitung innerhalb eines Bestandes und zwischen den einzelnen Beständen vor allem in den Regenerationsphasen sehr ausgeprägt. Dies gilt vor allem für die natürliche Regeneration der Baumarten mit starker Samenbildung. Die große Anzahl von Bäumen bewirkt eine starke Gendurchmischung. In ungleichaltrigen Wäldern ist der Effekt der genetischen Durchmischung noch stärker, weil die Regeneration fortlaufend stattfindet und über die Jahre von den Fruktifikationen der unterschiedlichen Mutterbäume profitiert. Die Fülle an Nachkommen ermöglicht eine gezielte Selektion der widerstandsfähigsten Bäume, die aufgrund der Leistungsfähigkeit von Hybriden (Heterosis-Effekt) vor allem Heterozygoten begünstigt, welche sich in einem selektiven Umfeld besser erhalten.

Sollten sich ökologische Rahmenbedingungen in kurzer Zeit stark ändern, ist das Vorhandensein von zahlreichen Genkombinationen die sicherste Chance, Nachkommen zu erhalten, welche sich an neue Umweltbedingungen im Laufe ihrer Entwicklungsphasen anpassen können. Diese Überlebenschance der Bäume folgt somit aus der freien Befruchtung durch den Pollen, der oftmals über weite Distanzen verfrachtet wird, und der Bildung von sehr unterschiedlichen Heterozygoten in großer Menge. Der sehr starke Selektionsdruck in der Phase der Keimlinge, der Sämlinge und der jungen Pflanzen erlaubt – meist auf natürliche Weise - eine Selektion der bestgeeigneten Individuen. Dabei entsteht jedoch noch keine sogenannte selektierte Population. Auch wenn die Leistungsvorteile der Heterozygoten anerkannt sind, - die Auslese geeigneter Genkombinationen erfolgt immer erst wieder bei jedem folgenden Befruchtungszyklus. Die jeweils neue Population kann sich wohl anpassen. Es wird aber zahlreiche Generationen brauchen, bis - im Sinne eines darwinschen Evolutionsprozesses – die wirkliche Adaption der Gene an die neuen Bedingungen stattfinden kann.

Genetische Diversität und Anpassungsfähigkeit

Es liegt daher also vor allem an der natürlichen Regeneration, dass die Anzahl der Nachkommen hundertmal höher ist als bei Pflanzungen und so für einen ausreichenden Genpool sorgt, der der natürlichen und waldbaulichen Selektion dient. Die Waldpflege erfolgt auf die gleiche Art und Weise wie die natürliche Selektion und begünstigt sogar beschleunigt die natürlichen Entwicklungsprozesse bei gleichzeitiger Förderung der Qualitätseigenschaften. Sie muss zudem die so genannte phänotypische Plastizität berücksichtigen, d.h. die Fähigkeit, unterschiedliche Phänotypen aus einem Genotyp unter den vorhandenen Umweltbedingungen hervorzubringen. Die Auswirkungen durch die hohe Zahl und vor allem die Bedingungen in der Anwuchsphase spielen eine große Rolle. Tatsächlich gehen bei der natürlichen Regeneration mehr als 90 % der Nachkommen in den ersten Jahren aufgrund des Selektionsdrucks der anspruchsvollen Waldumgebung verloren. Durch die hohe Anzahl der Pflanzen überleben jedoch verhältnismäßig viele der widerstandsfähigsten Bäume. Im Pflanzgut aus einer

Baumschule dagegen können durch die kontrollierten, günstigen Wuchsbedingungen auch die weniger widerstandsfähigen Bäume überleben.

Daraus kann man schließen, dass die natürliche Regeneration bessere Anpassungsbedingungen bietet als die Pflanzung. Der Unterschied wird zusätzlich dadurch verstärkt, dass in den letzten Jahrzehnten aus wirtschaftlichen Gründen die Zahl der gepflanzten Bäume stark zurückgegangen ist.

Die Ergebnisse physiologischer Belastungsexperimente bestätigen, dass die Variation zwischen den Provenienzen bedeutend geringer ist als jene innerhalb der Populationen. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die relative kleine Anzahl der Baumgenerationen in der Größenordnung von 25-30 seit der Rückkehr aus den Refugialgebieten der Eiszeit zu gering ist, um eine breite Ökotypisierung (oder Speziation) zu ermöglichen. Darüber hinaus begünstigt der Kontinuum-Charakter des Genflusses die Erhaltung der ursprünglichen genetischen Struktur. Man hat z.B. bei Eichen ein physiologisches Anpassungsvermögen bei Trockenperioden gefunden (beruhend z.B. auf dem rhythmischen Wachstum des Terminaltriebs), die diese Baumart zu den tropenähnlichsten unserer Bäume macht.

Sukzessive Anpassung durch waldbauliche Selektion

Mit jeder Verringerung der Anzahl der Stämme eines Bestands führt der Waldpfleger die Selektion der natürlichen Umgebung fort, die vor allem über die Widerstandsfähigkeit und phänologische Qualität erfolgt. Dies ermöglicht eine sukzessive Anpassung an die jeweils vorherrschenden Bedingungen und garantiert so die optimale Anpassung an zunehmende Umweltveränderungen. Diese wiederholten waldbaulichen Eingriffe stellen einen großen Vorteil dar. Gleichzeitig strebt der naturnahe Waldbau eine viel feinere Mischung als in der Natur an, die auch die soziale Mischungsverträglichkeit der Baumarten berücksichtigt. Dieser doppelte Vorteil, der sich aus der Durchmischung und optimalen Anpassungsfähigkeit ergibt, erfüllt in allen Punkten die oben genannten Bedingungen.

Die komplexen Reaktionsmechanismen bei Trockenheit

Die Reaktionsmechanismen in Trockenperioden sind vielfältig. Sie hängen zunächst von der physiologischen Fähigkeit der Transpirationsregulierung, von der stomatären Regulierung, dem Abwurf der Blätter und dem Abstoßen der feinen Wurzeln ab. Die symbiotischen Beziehungen zwischen Wurzeln und Mykorrhizae spielen eine wichtige Rolle in Extremsituationen, indem Hyphen der Mykorrhizen tongebundenes und sonst nicht frei verfügbares Bodenwasser aufnehmen können. Leider können diese empfindlichen Symbionten der Mykorrhizen durch Veränderung im Bodenchemismus und durch Zunahme des CO₂-Gehaltes gestört werden. Weil die Mykorrhizen auch positiv wirken gegenüber Krankheiten, sollen sie zukünftig mehr Beachtung erfahren. Anschließend tritt die Reaktion auf unterschiedliche biotische Umweltfaktoren ein und die Fähigkeit, sich nach der Trockenperiode zu regenerieren (Resilienz). Eine kontinuierliche und fachkundige Pflegearbeit - eine genügend hohe Dichte des Pflegepersonals vorausgesetzt - kann dieses Risiko rechtzeitig erkennen und die

erforderlichen Gegenmaßnahmen ergreifen. Gemeinsam mit der Diversifizierung der Baumarten stellt dies die beste Methode dar, Sekundärkrankheiten zu kontrollieren.

Wahl der Baumarten

Das Anpassungsvermögen der Baumarten kann vor allem anhand der ökologischen Amplitude ihres natürlichen Verbreitungsgebietes eingeschätzt werden. So ist zum Beispiel eine bei uns heimische Baumart, die Buche, gegenwärtig von Schottland bis zum Balkan in Bulgarien verbreitet. Ihre Unterart, die *Fagus orientalis*, findet man gar in Anatolien und in der iranischen Elburs-Gebirgskette am kaspischen Meer, wo die durchschnittlichen Temperaturen größtenteils über den schlimmsten Prognosen für den Klimawandel bei uns liegen. In den gemäßigten Mittelgebirgsregionen Europas bevorzugt die Buche die der Sonne zugewandten Hänge. Dies zeigt, dass sich diese Art hervorragend an Wärme anpassen kann. Dagegen gehört die Fichte zu den Baumarten, die am wenigsten mit Trockenheit zurechtkommen.

Was die Einführung nicht heimischer Baumarten oder Baumarten ausländischer Provenienz betrifft, müssen vor ihrer massenweisen Einführung alle Risiken in Verbindung mit der fremden Umgebung, unabhängig von den oben genannten Aspekten zur Aufzucht in der Baumschule berücksichtigt werden. Es besteht stets das Risiko, dass sie sich nicht an die neuen Bedingungen wie zum Beispiel Frost anpassen können. Daher sollten in Zusammenhang mit der Trockenresistenz interessante exotische Baumarten wie zum Beispiel die Douglas-Tanne vorsorglich mit einheimischen Baumarten gemischt und nicht in großen Reinbeständen eingeführt werden.

Anpassung an Witterungsextreme

Zu den größten waldbaulichen Risiken gehören die Schäden, die durch schwere Schneemassen sowie starke Stürme entstehen. Schneedruckschäden betreffen Bäume in den frühen Entwicklungsphasen (Stangenholzphase) und der kritischen Höhe. Für Bäume ab 60 Jahren und 22 m Höhe dagegen stellen vor allem starke Stürme eine große Gefahr dar. Insbesondere dieses Risiko kann in der Zukunft vor allem in den Regionen mehr Bedeutung erlangen, für die eine Verschiebung der Sturmbahnen nach Norden prognostiziert wird.

In beiden Situationen bietet der ungleichaltrige, stufige Hochwald interessante, wenn nicht gar bemerkenswerte Vorteile. In diesem Gefüge wird das Stangenholz vom Kronendach der Oberschichtbäume geschützt, da diese einen großen Teil der schweren Schneemassen abfangen. Gegenüber heftigen Stürmen erweist sich der unregelmäßige Plenterwald ebenfalls als deutlich widerstandsfähiger, wie dies Forschungsergebnisse nach dem Orkan Lothar im Emmental/Schweiz, in dem es sehr viele Plenterwälder gibt, gezeigt haben. Die gute Widerstandskraft erklärt sich durch die Tatsache, dass die Bäume, die das obere Kronendach bilden, sich in einem Wachstumsstadium befinden, welches ihre Stabilität (H/D-Quotient) begünstigt und das Risiko eines Stammbruchs reduziert. Durch das

Fehlen einer unmittelbar nachbarlichen Konkurrenz kann ihr Wurzelsystem besser mit Schwingungen zurechtkommen und so eine optimale Verwurzelung (angepasstes Wurzelwachstum) garantieren.

Schlussfolgerungen

Das Verhalten im Komplexwirkungsfeld von neuartigen Umweltveränderungen benötigt zuerst einmal Besonnenheit, was nicht Leichtfertigkeit bedeutet. Gewisse einfache Prinzipien, gestützt auf gesundem Menschenverstand, können weiterhin unser waldbauliches Handeln leiten. Eigentlich gibt es nichts wesentlich Neues. Höchstens sollten die Prioritäten anders gesetzt werden. Im Grunde geht es darum, gesunde, vielfältig gemischte und strukturierte Wälder zu erhalten und neu aufzubauen. Genau dies strebte der naturnahe Waldbau von jeher an.

Weil die Naturverjüngung und die Maßnahmen zur Verteilung der Risiken offensichtlich wichtige Elemente der Anpassbarkeit sind, sind Faktoren wie eine gute waldbaulich-ökologische Ausbildung des Pflegepersonals, deren örtliche und zeitliche Präsenz und Verfügbarkeit für die Waldpflege (Proximität) sowie eine tragbare Wilddichte vordringlicher denn je.

17.7.2012/Jps

PRO SILVA Europe



Papier position

Principes d'adaptabilité des forêts aux risques engendrés par les changements d'environnement

Adopté le 29.6.2012 par l'assemblée des délégués nationaux, à La Ferté Bernard, France

Sommaire

Ce papier met l'accent sur les remarquables avantages de la gestion des forêts selon les principes d'une gestion des forêts Pro Silva en accord avec la dynamique forestière naturelle, face aux différents risques de modification des conditions d'environnement. Ils se fondent sur l'utilisation du large polymorphisme génétique des peuplements en place régénérés naturellement, du grand nombre de descendants et de la continuité du renouvellement. Cela permet en phase initiale à la sélection naturelle d'agir dans le bon sens adaptatif en choisissant les individus les mieux appropriés, relayé par la suite par les actions sylvicoles sélectives qui agissent de façon continue et suivie dans le même sens. De surcroît l'utilisation de peuplements mélangés garantit la bonne répartition des risques.

Genres de risques

Les effets perturbateurs sur les forêts dus à l'augmentation importante de diverses charges polluantes anthropogènes, sont devenus complexes et difficilement prévisibles. Il n'en va pas seulement de l'augmentation présumée des températures moyennes due à l'effet de serre, et des effets induits que sont les tempêtes et les périodes de stress hydrique (sécheresses) mais aussi de la vulnérabilité à toutes sortes de pathologies. Cela doit être combiné avec l'effet d'enrichissement des sols (ou eutrophisation) d'une part par l'apport de macro-nutriments par les pluies et de l'autre par l'augmentation des produits de décomposition de bois morts et déchets de coupe non exploités pour des raisons économiques, qui n'améliorent pas seulement la croissance des forêts mais aussi celle de la végétation adventice au sol, et qui peut rendre plus difficile l'installation des semis au moment de la régénération.

Ce qui caractérise un tel contexte est aussi bien l'incertitude des prévisions que la complexité des facteurs en cause. Il n'y a donc pas de réponse univoque à ces incertitudes. La bonne attitude consiste à

considérer des solutions de décision en conditions incertaines, à savoir respecter d'abord les principes de précaution :

- Améliorer la résilience des forêts
- Favoriser la diversité génétique optimale des essences
- Favoriser le bon état de vigueur des arbres tout au long de leur cycle de vie;
- Appliquer les principes de diversification en promouvant les mélanges d'essences pour faire face à des risques multiples.

Principes d'adaptation successive des forêts

Les arbres possèdent une des plus larges variabilités génétiques qui soient parmi les êtres vivants. Cela leur confère en soi une remarquable capacité d'adaptation. Elle est due principalement au fait que de nombreuses populations ont gardé un grand degré de polymorphisme génétique d'une part, et parce que les flux de gènes par le pollen sont importants entre géniteurs au sein de la parcelle et entre les parcelles, lors des phases de reproduction par graines. Cela vaut particulièrement dans les cas de régénération naturelle et pour les essences formant de nombreuses semences. En raison de la taille des peuplements reproducteurs la diversité génétique subit un brassage des gènes très important. En forêt d'âges composés l'effet du brassage génétique est encore accru par le fait que la régénération est continue, profitant des fructifications de géniteurs différents selon les années. L'abondance de descendants permet une sélection orientée au profit des plus vigoureux favorisant en général les hétérozygotes qui, en raison de l'effet de la vigueur hybride (hétérosis), se maintiennent mieux en milieu sélectif.

En cas de conditions écologiques susceptibles de changer sur une période de temps courte, la production de très nombreuses combinaisons génotypiques donne les meilleures chances de produire des individus directement capables de s'adapter aux conditions auxquelles ils vont être soumis au cours des différents âges de leur vie. La chance des arbres est donc dans la fécondation libre par le pollen voyageant parfois sur de grandes distances, produisant des hétérozygotes très différents les uns des autres, et en très grand nombre. La forte pression de sélection appliquée aux stades embryon, graine, semis, jeunes plants, perches permet de sélectionner majoritairement de manière naturelle, des individus adaptés. Mais il ne s'agit pas encore de populations adaptées, car si l'avantage des hétérozygotes est reconnu, le tirage au sort doit se refaire à chaque cycle de fécondation. La population pourra s'adapter, mais il faudra pour cela de nombreuses générations et l'importation avec succès des gènes fournissant les caractères dans les nouvelles conditions, pour qu'elle puisse augmenter sa valeur adaptative. Alors seulement il y aura un processus évolutif au sens darwinien.

Variabilité génétique et adaptabilité

C'est donc surtout la régénération naturelle dont le nombre d'individus est au départ de l'ordre de 100 fois plus élevé que dans les plantations qui garantit une réserve suffisante, sur lequel la sélection naturelle et sylvicole agit. La sylviculture doit intervenir dans le même sens que la sélection naturelle, en favorisant, voire en accélérant les processus évolutifs naturels tout en aidant les tiges de meilleure

qualité technologique. Il faut en outre tenir compte de la plasticité phénotypique, c'est-à-dire la capacité à exprimer différents phénotypes à partir d'un génotype selon les conditions d'environnement. L'effet du nombre et surtout des conditions d'élevage en prime jeunesse est important. En effet, en régénération naturelle, plus de 90 % des semis disparaissent au cours des premières années sous la pression sélective du milieu exigeant de la forêt. Survivent les plus vigoureux qui en raison de la grande quantité de plants au départ sont proportionnellement en nombre bien suffisant, alors qu'en pépinière l'ambiance de culture favorable permet de récupérer des individus moyennement doués de vigueur.

On peut donc conclure que la régénération naturelle présente de meilleures chances d'adaptation que la plantation. La différence est d'autant plus marquée que le nombre de plants mis à demeure en plantations a considérablement été diminué ces dernières décennies pour des raisons économiques.

Les résultats d'essais de stress physiologiques confirment que la variation entre provenances est considérablement plus faible que celle au sein des populations. Etant donné le nombre de générations, de l'ordre de 25-30, depuis le retour des refuges glaciaires un effet d'écotypisation (ou spéciation) n'a sans doute pas pu être très prononcé. De plus le caractère de continuum dû au flux génétique ininterrompu favorise le maintien des caractères originaux. On a retrouvé p.ex. sur les chênes des caractères physiologiques d'adaptation aux conditions de sécheresse (p.ex. le polycyclisme d'élongation de la pousse terminale) qui confère à cette essence la dénomination de plus tropicalisée de nos essences.

Adaptabilité successive par sélection sylvicole

A chaque réduction des nombres de tiges d'un peuplement lors des opérations de mise à distance le forestier-traitant ne fait que continuer l'action de sélection du milieu naturel, dans la mesure où le critère de vigueur apparaît le plus important, en combinaison évidemment avec la sélection de la qualité phénologique. Cela permet donc une adaptation successive en fonction des conditions du moment et ainsi garantit au mieux la bonne adéquation aux modifications progressives de l'environnement. C'est là un atout majeur d'une sylviculture en interventions répétées. En même temps on favorise un mélange aussi intime que possible d'essences appropriées, en tenant compte de la compatibilité sociale des essences associées. Ce double avantage de mixité et de bonne adaptation correspond en tous points aux conditions exprimées plus haut.

La complexité des mécanismes de réaction aux stress

Les mécanismes de réaction aux stress hydriques sont divers. Ils dépendent d'abord des facultés de résistance physiologique de régulation de la transpiration, par la régulation stomatique, la perte de feuillage et la perte de racines fines. Les relations symbiotiques entre racines et champignons mycorrhiziens ont une influence importante car en cas de conditions extrême les hyphes de ces champignons sont en mesure d'aller capter de l'eau retenue dans les capillaires du sol qui ne serait pas disponible directement par la plante. Les manteaux mycorrhiziens peuvent être cependant influencés par le niveau de nutriments du sol et le CO₂ de l'atmosphère. Par ailleurs, les mycorrhizes jouent aussi

un rôle de protection contre les agressions pathologiques ; intervient ensuite la réaction aux agressions biotiques diverses. Finalement il en va de la faculté de se rétablir une fois le stress passé (la résilience). Des forestiers-traitants compétents, très présents sur le terrain, permettent de déceler à temps ce genre de dangers et d'engager les mesures de lutte nécessaires. De surcroît la diversification des essences représente la meilleure façon de faire face aux risques de maladies secondaires.

Choix des essences

La capacité d'adaptation des essences peut s'apprécier notamment en fonction de l'amplitude écologique de leur distribution naturelle. Ainsi une de nos essences principales, le hêtre, est présent actuellement d'Ecosse aux monts Balkans en Bulgarie, voire en considérant la sous-espèce *Fagus orientalis* jusqu'en Anatolie et les versants de la mer Caspienne des monts Elbourz en Iran, dans des conditions de température moyenne largement au-delà des pires prévisions de réchauffement global. En régions de moyenne montagne en Europe tempérée, le hêtre préfère les versants exposés au midi. Cela démontre que l'espèce possède intrinsèquement une excellente adaptation à la chaleur. Par contre celle parmi nos essences principales susceptible de pâtir le plus aux stress hydriques est sans doute l'épicéa commun.

Quant aux introductions d'essences allogènes ou de provenances étrangères, avant de les introduire en masse il faut bien apprécier tous les risques inhérents à toute introduction dans un milieu différent, indépendamment des questions dues à l'élevage en pépinière citées plus haut. Il y a en effet toujours des risques d'inadaptation à l'égard d'autres facteurs que celui escompté, par exemple le gel. De surcroît le principe de répartition des risques implique dans la mesure du possible d'envisager l'introduction d'essences intéressantes comme le sapin de Douglas plus en mélanges qu'en peuplements purs.

Adaptation aux intempéries

Les principaux risques sylvicoles de perturbations sont les surcharges de neiges lourdes dans les jeunes peuplements (perchis) aux altitudes critiques ainsi que la vulnérabilité aux tempêtes de vent pour les peuplements dès 60 ans et 22 m de hauteur. Ce dernier risque pourrait s'avérer devenir plus important à l'avenir, au moins dans certaines régions avec les prévisions de déplacement plus au nord des trajectoires de tempêtes.

Dans les deux cas de figure, la futaie pérenne et irrégulière présente des atouts intéressants, sinon remarquables. A l'égard des neiges lourdes les perches de futaies irrégulières se trouvent sous l'effet tutélaire de parapluie des arbres du haut de la canopée qui interceptent une bonne partie de ces précipitations lourdes. A l'égard des tempêtes également, la futaie irrégulière s'avère significativement moins vulnérable, comme l'ont montré entre autres les observations après le passage de l'ouragan LOTHAIRE en Emmental, une des régions où les futaies jardinées sont les plus représentées. Cette bonne résistance s'explique par le fait que les arbres constituant le haut de la canopée se trouvent à un stade où leur défilement (quotient h/d) est plus favorable, diminuant le risque de cassure et parce que n'ayant

pas de concurrents latéraux leur système d'enracinement s'est adapté depuis longtemps au balancement garantissant un bon ancrage (croissance racinaire dite adaptative).

Conclusions

Le comportement dans le champ de forces complexes que représentent les modifications anthropogènes de l'environnement demande d'abord une attitude réfléchie. L'action sylvicole doit s'inspirer de principes de bon sens. En fait, il n'y a rien de fondamentalement nouveau. Seules les priorités peuvent être modifiées. Il s'agit finalement d'obtenir des forêts hétérogènes et mixtes et en bonne santé. C'est précisément ce que l'on a toujours recherché en sylviculture proche de la nature.

C'est surtout l'utilisation du rajeunissement naturel qui confère un avantage d'adaptabilité. Pour cela il faut essentiellement une présence temporelle et spatiale suffisante et continue de forestiers qualifiés et des densités de gibier compatibles à la survie de régénération d'essences multiples.

16.7.2012/Jps

PRO SILVA Europe



position paper

Principles of forest adaptation to risks caused by environmental changes

Adopted on 29th June 2012 by the national delegates meeting at La Ferté Bernard, France

Summary

This paper highlights the benefits of forest management based on Pro Silva principles that are founded on natural forest dynamics in the face of the risks posed by changing environmental conditions. They draw upon the broad genetic polymorphism of naturally regenerated stands, the large quantity of regeneration and continuity of renewal. Initially this provides the opportunity for natural selection to act upon the best adapted individuals, and subsequently for selective forestry management practices to maintain continuity and to allow adaptive responses. Furthermore, the use of mixed stands ensures a better allocation of risk.

Types of risk

Disruptive effects due to the significant increase of various anthropogenic pollution loads on forests have become complex and difficult to predict. These effects include not only the assumed increase in average temperatures due to the greenhouse effect, and perturbations such as storms and periods of water stress (drought), but, of course, also increased vulnerability to all sorts of pathogens. This must be combined with their effect on soil enrichment (or eutrophication) through the provision of macronutrients by rain on the one hand and the increase in decomposition of dead wood and slash left unharvested for economic reasons on the other, which not only improve forest growth but can also improve the growth of competing vegetation on the forest floor, making it more difficult to facilitate the establishment of seedlings at the time of regeneration.

What characterizes such a context has much to do with the uncertainty in predicting the complexity of factors involved. There is, therefore, no single clear answer to these uncertainties. The right attitude is to consider solutions for decision under uncertainty, namely first by meeting the precautionary principle:

- Improve the resiliency of the forest
- Promote the optimal genetic diversity of species
- Promote good tree vigor throughout the stand life-cycle;
- Apply the principles of diversification by promoting the mixing of species to deal with multiple risks.

Principles of successive adaptation of forests

Trees have one of the broadest ranges of genetic variability among living organisms. This gives them a remarkable capacity for adaptation. This is primarily due to the fact that many forest species populations have retained a high degree of genetic polymorphism on one hand, and on the other because the gene flow through pollen distribution between parents is significant both within the stand and between stands during phases of seed regeneration. This is particularly true in the case of natural regeneration and for species with abundant seed production. Due to the extent of mixed parental gene expression, tree species populations have retained a large range of their genetic diversity. In the uneven-aged forest, the effect of genetic mixing is further exacerbated by the fact that regeneration is continuous, taking advantage of seed mast production varied over the years. The abundance of progeny allows for greater selection focused on promoting generally stronger heterozygotes which, because of the effect of hybrid vigor (heterosis), continue to excel in their selective medium.

In the event of ecological conditions subject to change over a short period of time, the production of numerous genotypic combinations provides the best chance of producing individuals directly adaptable to the conditions they will be subjected to during the various stages of their lives. Open pollination offers trees the best chance of dispersing pollen over great distances, producing heterozygous individuals very different from each other, and in large numbers. Under strong selection pressure applied at the embryonic stage, adapted individuals in the seed, seedling, sapling, and pole stages can be selected in a predominantly natural manner. But this does not yet result in the final yield of an adapted population, because if the heterozygote advantage is to be fully expressed, this genetic reallocation must be repeated in each fertilization cycle. The population will evolve, but it will require many generations and the import of genes providing characteristics successfully adapted to new environmental conditions so that it can increase its fitness. Only then will there be an evolutionary process in the Darwinian sense.

Genetic variability and adaptability

So it is particularly natural regeneration, whose numbers of offspring are initially about 100 times higher than in plantations, which guarantees a sufficient pool which natural selection and forestry act upon. Silviculture must act in the same direction as natural selection, favoring or accelerating natural evolutionary processes, while cultivating quality trees. It should also take into account the phenotypic plasticity, that is, the ability to express different phenotypes from one genotype according to environmental conditions. The effect of their number and especially their growth conditions in early youth is important. Indeed, with natural regeneration, over 90% of seedlings disappear during the first year under the selective pressure of the demanding forest environment. The most vigorous survive because the large quantity of plants at the beginning are proportionally quite sufficient in number, while the ambient environment of the seedling nursery allows individuals only moderately endowed with vigor to survive.

We can therefore conclude that natural regeneration exhibits a better likelihood of adaptation than the plantation. This difference is made even greater as the number of plants set to remain in plantations has been considerably reduced in recent decades due to economic reasons.

Test results confirm that physiological stress variation between provenances is considerably lower than variation within populations. Given the number of generations, in the range of 25-30, since the return of glacial refugia, the effects of *écotypisation* (or speciation) may not have been very pronounced. Also the nature of the continuum due to ongoing gene flow contributes to the maintenance of the original characteristics. This has been found, for example, on oaks with physiological traits to adapt to drought conditions (e.g., polycyclic elongation of the terminal), which adapts this species to more tropical conditions than our other species.

Successive adaptability through silvicultural selection

Every reduction in the number of stems in a stand during tending operations only continue the process of natural selection, since the criterion of tree vigor is most important, in combination obviously with the selection for phenological quality. This therefore allows for successive adaptation based on current conditions and thus ensures the best fit to the progressive changes of the environment. This is a major asset of forestry in repeated interventions. At the same time it promotes as intimate a mixture of appropriate species as possible, taking into account the social compatibility of associated species. This double advantage of mixing and successful adaptation corresponds in all respects to the terms set out above.

The complexity of stress response mechanisms

The mechanisms of response to moisture stress are varied. They depend primarily on the faculty of physiological resistance by the regulation of transpiration through stomatal control, foliage loss, and the loss of fine roots. Symbiotic relationships between roots and mycorrhizae have an important influence because in cases of extreme stress the hyphae of these fungi are able to capture water fixed in the capillaries of the soil that is not available directly from the plant. Mycorrhizal hyphal coats, however, can be influenced by the level of soil nutrients and CO₂ in the atmosphere. Furthermore, mycorrhizae also function as protection against attack by disease. Subsequently, there is the response to various biotic stresses. Finally, there is the faculty to recover once stress levels have subsided (resilience). Localized measures of forestry, competently applied, can detect this kind of hazard in time and initiate necessary control measures, with the diversification of species as the best way to deal with the risk of secondary diseases.

Choice of species

The adaptability of species can be particularly well assessed according to the ecological amplitude of their natural distribution. Thus one of our main tree species, beech, currently distributed from Scotland to the Balkan Mountains in Bulgaria (or even considering the sub-species *Fagus orientalis* found as far south as Anatolia and the slopes of the Caspian Elburz Mountains of Iran) grows in average conditions of temperature well beyond the worst predictions of temperature change. In mountainous regions of temperate Europe, beech prefers

south-facing slopes. This demonstrates that the species has an inherently excellent adaptation to heat. In contrast, one of our main species most likely to suffer moisture stress is probably Norway spruce.

As for introductions of alien species or species of foreign origin, before introducing them en masse we must appreciate the risks inherent in any introduction to a different environment, regardless of the issues caused by the breeding nursery mentioned above. There is indeed always a risk of inadequacy with respect to other factors than expected, such as freezing. In addition, the principle of spreading risk means as far as possible to consider the introduction of interesting species such as Douglas fir in mixtures more than pure stands.

Adaptation to weather

The main risks of forest disturbances are heavy snow loads in young (pole-sized) stands at critical elevations as well as vulnerability to windstorms for trees up to 60 years and 22 m in height. This risk may prove become more important in the future, at least in some areas with forecasts of displacement further north of storm tracks.

In both cases, the perennial and irregular forest presents interesting, if not remarkable, advantages. With regard to heavy snow, pole-sized trees of irregular high forest are under the protective influence of a tree-top canopy umbrella, which intercepts much of the heavy snow. With regard to storms, the irregular forest also is significantly less vulnerable, as shown for instance by the observations after Hurricane Lothar in Emmental, a region where plenter forests are most abundantly represented. This resilience is due to the fact that the trees forming the upper canopy are at a stage where their taper (h/d ratio) is more favorable, reducing the risk of breakage and, without lateral competitors, their root system has adapted itself to long-term swaying to ensure good anchorage (called adaptive root growth).

Conclusions

Response to the scope of complex forces that represent anthropogenic changes to the environment first requires a thoughtful attitude. Forestry activity can be guided by principles of common sense. In fact there is nothing fundamentally new. Only priorities can be changed. And those are to obtain forests heterogeneous and mixed and in good health. This is precisely what we have always sought in close-to-nature silviculture. It is above all the use of natural regeneration that confers the benefit of adaptability. This requires essentially a sufficient level of temporal and spatial presence by trained foresters and wildlife densities which are appropriate to the survival of multiple species regeneration.

16.7.2012/Jps