La forêt doit-elle être mélangée ?

Louis Lanier

► To cite this version:

Louis Lanier. La forêt doit-elle être mélangée ?. Revue forestière française, 1992, 44 (2), pp.105-128.
10.4267/2042/26305 . hal-03443881

HAL Id: hal-03443881

<https://hal.science/hal-03443881>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA FORÊT DOIT-ELLE ÊTRE MÉLANGÉE ?

L. LANIER

BUT DE L'ARTICLE

Venant de relire avec intérêt deux synthèses partielles parues il y a un peu moins de quinze ans et restées confidentielles (Guitton, 1977 ; Auclair, 1978), je souhaiterais apporter, sur un problème qui soucie, divise, alors qu'il devrait unir les sylviculteurs depuis plus d'un siècle, les idées que m'ont suggérées les travaux nombreux, anciens ou plus récents, consacrés directement ou indirectement, aux **mélanges en forêt**.

C'est sans doute la controverse la plus intéressante qui se puisse engager, puisque je souhaiterais démontrer *in fine* qu'elle « engage » toute la sylviculture des prochains siècles, **quel que soit le biotope concerné**, qu'il soit tropical, nord-américain, australien, ou plus près de nous, dans nos peuplements des régions tempérées d'Europe.

Mais, avant d'entrer dans le vif du sujet et parce que trop souvent des difficultés de vocabulaire rendent imprécises les opinions émises, je voudrais rappeler quelques définitions, empruntées pour certaines aux ouvrages de sylviculture les plus récents (Schütz, 1990a), donc qui ne devraient pas poser de difficultés d'interprétation.

DÉFINITIONS

Schütz (1990a et b) résume les grands types de mélanges que l'on peut rencontrer dans la nature ou constituer artificiellement.

Il distingue :

- les **mélanges « principaux »** — nous dirions d'essences dominantes, dont les houppiers se situent sensiblement au même niveau — sans doute les plus difficiles à conduire, pour peu que l'une des essences ait tendance à étouffer les autres ;

- les **mélanges subordonnés**, temporaires ou permanents qui sont plus dociles : l'étagement dans l'espace disponible peut être vertical, réglé en fonction du tempérament des essences : dès lors, le rôle du « sous-étage » peut n'être que positif si l'essence subordonnée est à la fois tolérante à l'ombrage et couvrant bien le sol, améliorante pour la station et engageante pour l'essence principale, assurant ainsi la production de bois de haute qualité.

ARGUMENTS

En matière forestière, comme en d'autres domaines, la pensée se construit souvent et se développe selon un modèle dialectique. Peser le pour et le contre, rechercher les avantages et les inconvénients, de façon objective, sans parti pris ni manichéisme, permet, en s'appuyant sur des expérimentations comparatives, de mesurer l'intérêt de telle ou telle « méthode sylvicole ».

C'est ce que nous nous efforcerons de faire.

La forêt « naturelle » est, le plus souvent, mélangée

Des neuf biômes qui ont été distingués par les botanistes comme constituant les formations végétales terrestres, sept sont forestiers (Debazac, 1987). Ils sont le plus souvent composés de plusieurs espèces et ce n'est que sous l'effet des contraintes, le plus souvent climatiques, parfois édaphiques, que ces écosystèmes sont simplifiés, pour ne plus comporter qu'une ou deux espèces. Ce sont les seules susceptibles de résister aux contraintes du biotope. Il en est ainsi en haute montagne, aux latitudes les plus proches des pôles ou encore aux confins des déserts.

À l'autre extrême, lorsque les contraintes climatiques sont quasi nulles (températures et humidité constantes et favorables), la diversification des essences est telle que leurs potentialités génétiques ont pu s'exprimer totalement...

Ainsi, les régions équatoriales sont caractérisées par une extrême complexité de leur flore forestière, ce qui explique sans doute les difficultés de mise au point de sylvicultures adaptées. Dans nos régions tempérées, la situation est intermédiaire : l'alternance de périodes froides et chaudes, les glaciations, les contraintes édaphiques ou altitudinales, ont conduit à une simplification (relative) des écosystèmes forestiers.

Photo L. Lanier

Futaie irrégulière et mélangée. Bamberg (Bavière-Nord).

La forêt doit-elle être mélangée ?

L'adaptation des essences, la substitution progressive des flores successives, le remplacement des résineux par les feuillus, mais surtout depuis quelques millénaires les effets considérables — négatifs ou positifs — exercés par l'action permanente de l'homme, ont profondément modifié la structure, la composition, la physionomie même de nos peuplements forestiers. Le résultat actuel des efforts attentifs des sylviculteurs européens, depuis deux siècles et davantage, a abouti à ce qui surprend toujours nos collègues nord-américains de Nouvelle-Angleterre et du Canada, aux conditions climatiques assez proches des nôtres, à cet aspect de jardin, de parc soigné que présentent généralement nos forêts par rapport aux leurs.

Ces dernières, pour des raisons bien connues de paléobotanique et d'orientation générale nord-sud des massifs montagneux, sont plus mélangées, beaucoup plus riches en espèces, feuillues et résineuses, mais surtout beaucoup moins bien entretenues, pour des raisons évidentes de densité moindre de sylviculteurs.

Laissées à elles-mêmes — ce qui, rappelons-le, est exceptionnellement le cas dans nos régions ⁽¹⁾ — les forêts évoluent selon des phases successives qui peuvent être résumées comme suit :

Ceci constitue l'ensemble d'un cycle sylvo-génétique.

INTÉRÊT DES MÉLANGES

Schütz, dans son ouvrage de 1990 et dans plusieurs publications récentes, explique clairement les différences de conception (on pourrait dire d'éthique) entre les partisans d'une sylviculture par peuplements purs; équiennes, à base génétique réduite et visant une maximalisation du rendement économique, et ceux d'une sylviculture « proche de la nature » dont les bases peuvent être trouvées dans Gayer (1886) en réaction aux brutalités (et aux ennuis qui ne manqueraient pas de s'ensuivre) de la pinède ou de la pessière artificielle et pure.

(1) On ne retrouve plus guère en Europe de vraies forêts naturelles, vierges, que celles conservées essentiellement à des fins d'études scientifiques : Bialowieza en Pologne, le mont Boubin en Tchécoslovaquie, quelques peuplements en Slovénie, quelques hectares à Fontainebleau, ainsi qu'en Allemagne, en Suisse, en Grèce...

Éloge de la diversité

Une biocénose forestière fonctionnera généralement d'autant mieux qu'elle sera **complète** au sens où l'accepte, l'héberge et la nourrit le biotope dans lequel elle se développe. Ainsi, pourquoi ne pas respecter et encourager la présence d'essences rares comme le Cormier ou l'Alisier torminal, voire les Pommiers ou Poiriers sauvages, qui deviennent d'autant plus rares que le régime de la futaie, vers lequel on tend heureusement, ne leur est pas favorable. Leur maintien exige des soins particuliers.

Parmi les mélanges qui sont, dans le cas le plus fréquent, la règle facile à suivre, il en est de plus ou moins aisés à conduire. Certains sont encouragés, même par les partisans de la futaie régulière à essence principale unique : ainsi l'intérêt des sous-étages, dont le rôle positif à la fois dans l'amélioration de la décomposition de la litière, donc dans un recyclage (turn-over) plus rapide des substances nutritives, et pour l'engainage des fûts des essences précieuses, les empêchant de se salir d'intempestifs gourmands, n'est plus à démontrer.

Les sylviculteurs sont donc en général partisans des mélanges les plus intimes possible, afin d'optimiser l'adéquation aux microstations.

Mais, dans la conduite des peuplements, on doit tenir le plus grand compte de la vitesse de croissance relative des différentes essences, de leur aptitude à supporter la concurrence et surtout de leur longévité respective. Ainsi un mélange pied à pied ou par bouquets associant le Frêne, le Merisier, l'Alisier torminal et même l'Érable sycomore et le Tilleul, dont les âges d'exploitabilité ne sont pas trop disparates, se conduira aisément, se récoltera à maturité sensiblement à la même époque, et sera régénéré dans son intégralité. C'est avec le Chêne, de toutes façons très exigeant en lumière et résistant mal à la compression latérale, de plus nécessitant des révolutions longues pour produire la qualité, que la conduite des mélanges est la plus délicate. On sait pertinemment que le Hêtre doit être maîtrisé, même s'il constitue un excellent sous-étage. Le Charme est idéal, puisqu'il se ressème activement, et peut ainsi former spontanément plusieurs sous-étages successifs. L'Érable sycomore, les Tilleuls, les Alisiers conviennent également très bien.

De nombreux exemples chiffrés visent à démontrer l'intérêt de ces mélanges cultureux : les différences les plus nettes sont obtenues lorsque les essences associées ont des besoins, en lumière, en éléments nutritifs, en profondeur de sol disponible, différents et complémentaires.

Il est des cas où les différences observées en faveur des mélanges sont suffisamment nettes pour emporter l'adhésion des plus sceptiques. C'est ce qui arrive avec les mélanges comportant de l'Aulne. Tout un symposium a été consacré, en 1977, au rôle de l'Aulne rouge (*Red alder*, *Alnus rubra*) dans l'Ouest américain. Diverses expériences, conduites durant une période suffisamment longue pour que des différences significatives apparaissent, montrent entre autres résultats (Briggs *et al.*, 1978), si on parle « volumes » :

- que, si la différence constatée dans un mélange Douglas/Aulne après 48 ans était de 7 % en faveur du douglas en mélange par rapport au douglas pur, le volume total du peuplement mélangé était presque **double** de celui du peuplement pur ;

- que les douglas dominants (40 à l'acre, soit une centaine à l'hectare) atteignaient plus rapidement les dimensions d'exploitabilité ;

- que les différences de croissance étaient d'autant plus marquées que les déficiences du sol en azote et en matière organique étaient nettes (ce qui se comprend).

L'étude recommandait comme règle sylvicole de conserver de 20 à 40 aulnes à l'acre (50 à 100/ha) afin d'améliorer la nutrition des douglas.

D'autres travaux ont montré l'intérêt des aulnes pour l'amélioration de l'activité biologique dans les écosystèmes (Binkley *et al.*, 1984 ; Wicklow *et al.*, 1974 ; Wollum et Youngberg, 1964).

Comme par ailleurs l'introduction de l'Aulne en mélange, par la fixation de l'azote atmosphérique qu'il effectue par ses nodosités, revient à apporter un amendement azoté, il pallie d'éventuelles carences et, par la profondeur de son système racinaire, assure un assainissement biologique bénéfique dès que les conditions de sol ont des tendances hydromorphes.

Justifications microbiologiques

L'un des principaux intérêts des mélanges, compte tenu de la nécessité de conduire des peuplements comportant des essences dont la vitesse de croissance diffère, est d'aboutir à des structures irrégulières, sinon jardinées.

Le taillis-sous-futaie bien conduit comporte, lui aussi, des bouquets, des plages ou même des individus isolés d'essences aux âges d'exploitabilité différents.

On peut dès lors se demander avec Schütz (1981), que peut apporter le jardinage — au sens réduit à l'aspect multispécifique, qui est recommandé dans ce régime — à la sylviculture.

Ce terme de jardinage fait penser à l'art des jardins, à l'horticulture soigneuse telle qu'on la voit pratiquer dans ces petits jardins potagers, dont la productivité est souvent remarquable. Pas ou peu d'engrais et, dans ce cas sous forme de fumier, de compost de préférence ; ni phytocides, ni fongicides, ni insecticides, ni rodenticides. Mais des soins constants et attentifs. L'élimination manuelle des mauvaises herbes concurrentes, la taille hivernale des arbres fruitiers, le ramassage minutieux des fanes, déchets, produits par la biocénose. La constitution de composts en pourrissoir, soigneusement mélangés, se féconde en couches alternées des différents éléments.

L'incorporation de ce compost, étonnamment riche en vers de terre, bactéries, champignons et microfaune complexe, se fait avant la mise en place de la nouvelle culture. Le résultat est, outre une production souvent remarquable, un faible épuisement des sols, un parasitisme très limité surtout si les « carrés » juxtaposés sont de faible dimension.

L'agriculture dite « biologique », dont les succès commencent à porter des fruits, procède du même esprit.

Or, cet écosystème est d'un fonctionnement très proche de celui d'une forêt, à condition que celle-ci soit soigneusement mélangée, que les vers de terre y soient abondants, que l'incorporation de la matière organique soit rendue aisée, avec une microflore et une microfaune des litières aussi complètes que possible. On constate, dans de tels cas, que les épidémies sont rares, que les carences sont exceptionnelles et que la stabilité de l'écosystème est à son optimum.

Leibundgut (1991), professeur émérite de sylviculture au Polytechnicum de Zürich, vient de donner une synthèse dans le *Journal forestier suisse*, où il rappelle l'historique des idées en matière de jardinage et en énumère les avantages (évidents) en montagne par exemple :

- faible menace par les tempêtes ;
- maintien en service permanent des « forces pédologiques » (potentialités de la station) ;
- bonne résistance vis-à-vis des départs d'avalanches ;
- valeur des produits dépassant celle de la futaie régulière.

Mais il n'apporte aucune preuve de ce qui est avancé.

Delvaux (1971) rappelle les neuf situations de deux êtres en présence deux à deux, allant de l'opposition à la coopération en passant par le neutralisme. Tous les cas existent dans l'introduction, conjointe ou non, des mélanges : certains favorables, d'autres plus ou moins défavorables.

Prenons l'exemple de la coupe d'**abri**, « *le mélange de deux essences, dont l'une des deux n'est pas récoltée (essence culturale exclusive) constitue une certitude de perte sur la production de l'essence principale, à supposer que celle-ci soit compatible avec l'état pur* ». Plus loin, d'après analyses de Galoux... il manque d'arguments (c'est-à-dire d'expérimentations au suivi assez long) pour préconiser le mélange d'essences comme un moyen d'augmenter la production. Les courbes respectives de croissance en hauteur des différentes essences doivent guider le praticien dans son dosage permanent.

En principe, le mélange intime le plus stable (nombre d'essences non limité) est celui où les essences en mélange sont introduites dans un ordre tel qu'elles atteignent, à égalité de développement, la phase de leur existence où leurs courbes respectives d'accroissement en hauteur sont le plus longuement presque identiques. À terme, celle à croissance en hauteur la plus soutenue étouffera les autres, à supposer qu'elles aient survécu aux phases antérieures.

En conclusion, il n'y a pas d'exclusive pour Delvaux mais une grande prudence fondée sur l'observation du comportement respectif des essences selon le biotope.

Si le mélange résulte d'une bonne connaissance du milieu (station), de l'adaptation optimisée du choix des différentes essences, si l'on néglige les microstations, si l'on n'utilise pas plus de deux ou trois essences principales par type de station, si les bouquets sont de préférence assez grands (pour raisons d'exploitation et de gestion), Delvaux n'est pas opposé, bien au contraire, au principe des mélanges.

Si des considérations esthétiques ou liées à des usages multiples, ou s'il s'agit d'un parc avec son terme extrême l'arboretum, le mélange s'impose.

Photo L. Lanier

Futaie mélangée à base de Pin sylvestre et de Hêtre.

ANALYSE DE CAS

Mélange Sapin-Épicéa

On a constaté depuis longtemps, lorsqu'à moyenne altitude se constitue, naturellement ou à l'aide de quelques apports complémentaires, le mélange Sapin-Épicéa, souvent accompagné de Hêtre, ce que l'on a appelé le phénomène d'alternance (François, 1942 ; Roussel, 1949 ; Schaeffer et Moreau, 1958) ; c'est-à-dire que les semis des différentes essences s'établissent préférentiellement sous les adultes des autres.

Le phénomène est sans doute complexe, fait intervenir des facteurs à la fois photologiques, chimiques et biotiques. Mais il s'éclaire un peu mieux à la faveur des recherches nombreuses conduites récemment sur les régénérations.

Il faut si peu de choses pour détruire un semis, qu'il n'en faut certainement guère moins, ou guère plus, pour assurer sa sauvegarde.

Reprenons, sous un autre angle, notre exemple du mélange Sapin-Épicéa. On sait, depuis les travaux de Drapier (1983), et avant lui de Rousseau (1960), en schématisant :

— que, dans les Vosges, la série des sapinières acidiphiles à humus de type moder ou mor-moder se régénère en général assez bien ;

— qu'en revanche, les sapinières neutrophiles ou neutrobasophiles à humus de type mull, mull acide ou eutrophe se régénèrent beaucoup moins bien sinon pas du tout.

Rousseau (1960) avait pensé mettre en évidence la toxicité du manganèse, dont la teneur, dans les sols à mull, est élevée.

Toutefois, ce rôle a été minimisé par les travaux ultérieurs (Drapier, 1983 ; Tan, 1988) qui font intervenir les actions allélopathiques de la grande Fétuque, la concurrence de la Luzule, **la toxicité des aiguilles du Sapin sur ses propres semis**, ainsi que divers facteurs biotiques (insectes, rongeurs, cervidés, champignons...).

Le phénomène est certainement très complexe puisqu'il met en œuvre, outre les éléments cités ci-dessus, dont le rôle est souvent déterminant, d'autres facteurs tels que le climat (rôle plus ou moins favorable de la couche neigeuse, régularité de la pluviométrie, phases de sécheresse printanière fatale aux semis...) ou encore plus prosaïquement ce que Tan (*op. cit.*) résume sous le nom de « rugosité », c'est-à-dire les éléments du lit de semence permettant l'accrochage du semis. Le rôle physique des rémanents (souches ou bois pourri) qui avait été observé depuis longtemps par Lachaussée (1947) dans le cas de l'Épicéa, peut être alors déterminant. Il suffit même d'un tapis de mousse jouant un rôle mécanique dans l'accrochage du semis, auquel s'ajoute un effet favorable de régulation hygrométrique au niveau microclimatique, pour que la jeune plantule puisse se développer.

C'est encore de nos jours essentiellement dans les ouvrages de Mitscherlich (1970) et d'Assmann (1970), que l'on trouve les exemples les plus détaillés d'essais comparatifs concernant la croissance des différents types de peuplements mélangés, comparée à celle des peuplements purs des essences composant le mélange.

Chêne-Hêtre

Généralement, le Chêne constitue l'essence principale, le Hêtre devant toujours être subordonné, c'est-à-dire maîtrisé dès qu'il passe dans l'étage dominant (ne pas négliger d'associer aux deux essences dominantes d'utiles accompagnateurs tels le Charme et le Tilleul) (Zak, 1966). La production en volume de l'ensemble des essences est généralement supérieure (5 à 15 % dans le meilleur des cas) à celle d'un peuplement pur de Chêne. Dans certaines stations

lui convenant mieux qu'à toutes les autres essences, le peuplement pur de Hêtre peut avoir un accroissement en volume supérieur à tous les mélanges. Quant au rendement financier, il est beaucoup plus difficile à prévoir, ainsi que l'ont montré par exemple les études économiques de Bachmann (1967), en Suisse, qui compare quatre types de peuplements fréquemment rencontrés en Suisse : le Hêtre pur ; le Hêtre associé au Mélèze dans l'étage dominant, le Mélèze sous-étagé de Hêtre, le Mélèze associé à l'Épicéa.

Les rendements financiers s'étagent ainsi pour une base 100 pour le Hêtre pur :

- pour le Hêtre et le Mélèze d'âge voisin à 168,
- à 223 pour le Mélèze sous-étagé de Hêtre ;
- et jusqu'à 239 pour le Mélèze associé à l'Épicéa.

Bachmann apporte toutefois un correctif important en notant que la qualité de Hêtre (et du Mélèze ?) est bien meilleure en peuplement pur. Il conseille donc en définitive plutôt des mélanges par bouquets, qui associeraient tous les avantages, technologiques, économiques et écologiques.

Pin sylvestre-Hêtre (voir photo p. 110)

Très courant, ce mélange aboutit, dans de nombreux essais en Allemagne (et en France, Haguenau), à une production accrue par rapport à celle du Pin seul. Ceci est expliqué essentiellement sur les sols très pauvres sablonneux ou gravillonnaires à tendance podzolique accentuée, par un ralentissement du phénomène de podzolisation. Le rapport financier fourni par le Hêtre est négligeable, mais c'est sans doute à long terme (ou à très long terme) que devraient se mesurer les véritables avantages de ce mélange quant à l'évolution de la qualité des stations.

Hêtre-feuillus précieux

Compte tenu des risques divers qu'encourt et fait encourir le Hêtre, dont l'humus est plutôt acidifiant, on a tout intérêt à conserver (en les défendant énergiquement contre l'essence principale qui a une tendance naturelle à les étouffer toutes, sauf peut-être les grands érables) toutes les essences disséminées que l'on peut lui associer (Frêne, Érables, Orme, Cormier, Alisier...). La production en volume est, pratiquement dans tous les cas étudiés par Mitscherlich et Assmann, inférieure à celle de la hêtraie pure, mais le rendement financier peut être fortement accru, d'autant que les essences disséminées sont alors généralement représentées par les individus de la plus belle forme, seuls à même de résister à la concurrence du Hêtre et encore à la condition qu'ils aient été nettement favorisés lors des éclaircies.

Sapin-Épicéa-Hêtre (voir photo p. 114)

Le mélange le plus courant de l'étage montagnard, largement représenté en Europe moyenne, est le triptyque Sapin-Épicéa-Hêtre. Il a été souvent étudié. Malheureusement, on ne dispose pas de la gamme complète qui devrait comporter : Sapin-Épicéa-Hêtre, Sapin-Hêtre, Sapin-Épicéa, Hêtre-Épicéa avec, pour chaque combinaison, toutes les proportions envisageables des deux ou trois essences principales.

S'y ajouteraient encore les âges respectifs des trois protagonistes qui devraient varier pour que la gamme des essais possibles soit complète.

Néanmoins les mélanges relativement simples, Sapin-Épicéa par exemple, montrent généralement un rendement matière légèrement supérieur à celui des deux espèces séparées. De plus, il est d'observation courante que les Épicéas dominants dans le mélange avec le Sapin ont des formes, un élagage et des qualités technologiques excellents.

La forêt doit-elle être mélangée ?

Dans le triptyque, le Hêtre n'est généralement conservé (10 à 15 % en nombre de tiges) qu'à des fins culturelles, voire purement de service (bois de chauffage).

L'essai le plus complet à notre connaissance, analysé par Auclair (1978) dans sa synthèse bibliographique, est celui de Prudic (1971) qui a pu comparer, à partir de placettes mélangées en Moravie, l'influence sur le volume sur pied à 95 ans de divers types de mélanges, où chaque essence intervenait dans diverses proportions. Les volumes indiqués sont ceux produits depuis l'origine, éclaircies incluses bien entendu.

Le tableau ci-après résume les principaux résultats.

Combinaison d'espèces	Volume de chacune des espèces, éclaircies incluses				Classement
	Sapin	Hêtre	Épicéa	Total	
1. Sapin pur	830,95			830,95	2
2. Sapin 8/10, Hêtre 2/10	667,72	125,80		793,52	6
3. Sapin 8/10, Épicéa 2/10	646,40		181,03	827,43	3
4. Sapin 6/10, Hêtre 4/10	521,45	236,42		757,87	11
5. Sapin 6/10, Épicéa 4/10	559,60		333,95	893,55	(1)
6. Sapin 6/10, Hêtre 2/10, Épicéa 2/10	517,35	137,60	154,02	808,97	4
7. Sapin 5/10, Hêtre 5/10	397,70	330,38		728,08	15
8. Sapin 4/10, Épicéa 6/10	285,15		462,02	747,17	12
9. Sapin 4/10, Hêtre 2/10, Épicéa 4/10	334,25	135,45	321,80	791,50	7
10. Sapin 4/10, Hêtre 4/10, Épicéa 2/10	349,55	308,72	148,42	806,69	5
11. Sapin 25/100, Hêtre 75/100	224,98	490,40		715,38	17
12. Sapin 2/10, Épicéa 8/10	182,28		549,02	731,30	14
13. Sapin 25/100, Hêtre 20/100, Épicéa 55/100 ..	200,15	119,15	442,85	762,15	10
14. Sapin 2/10, Hêtre 4/10, Épicéa 4/10	167,48	248,65	306,72	722,85	16
15. Sapin 2/10, Hêtre 6/10, Épicéa 2/10	190,28	417,08	130,40	737,76	13
16. Hêtre pur		633,80		633,80	21
17. Hêtre 8/10, Épicéa 2/10		488,92	173,08	662,00	19
18. Hêtre 6/10, Épicéa 4/10		365,68	288,15	653,83	20
19. Hêtre 3/10, Épicéa 7/10		188,20	511,25	699,45	18
20. Hêtre 2/10, Épicéa 8/10		115,00	649,65	764,65	8
21. Épicéa pur			762,38	762,38	9
Valeur donnée par les tables	931,00	498,00	723,00		
en classe de fertilité I pour le	Sapin	Hêtre	Épicéa		

Quelques commentaires sur ce tableau, difficile à interpréter sans connaître les détails de l'expérimentation, et surtout les conditions écologiques dans lesquelles ont été installées les différentes placettes d'observations.

On peut s'étonner ainsi que les peuplements purs des différentes essences étudiées ne produisent pas des volumes proches de ceux indiqués par les tables de production :

Sapin 830,95 m³ contre 931 prévus par les tables

Hêtre 633,8 m³ contre 498 prévus par les tables

Épicéa 762,38 m³ contre 723 prévus par les tables, encore que dans ce dernier cas, la différence soit faible.

Photo L. Lanier

Mélange Épicéa, Hêtre, Sapin (Haut Jura).

Il semblerait donc que l'essai ait été installé dans une station plus favorable au Hêtre et à l'Épicéa qu'au Sapin.

Néanmoins, on observe, comme c'est fréquemment le cas, que le volume total cumulé des espèces en mélange est pratiquement toujours inférieur au volume qui pourrait être obtenu avec un peuplement pur de l'essence localement la plus productive. Plus la proportion de l'essence la moins productive est élevée, plus la perte en volume total est importante (voir cas 7, 11, 17 et 18).

Mais le problème de la qualité des produits fournis par les différentes essences dans le mélange n'est pas évoqué. Bien mieux, l'auteur préconise pour la région considérée un mélange Sapin 3/10, Hêtre 3/10, Épicéa 4/10 qui n'est pas envisagé dans l'expérience. Le cas 14 qui s'en rapproche le plus est classé 16^e pour la production totale en volume.

Il serait donc vivement souhaitable de reprendre ce type d'expérimentation, avec peut-être un moins grand nombre de combinaisons, mais avec un suivi comparatif plus rigoureux. Voyons quelle méthodologie pourrait être adoptée.

MÉTHODOLOGIE - APPORTS DE LA MODÉLISATION

Depuis longtemps, les chercheurs se sont intéressés aux méthodes mathématiques qui permettraient de comparer objectivement les rendements, agricoles ou forestiers, obtenus dans la situation où plusieurs espèces sont associées sur un même biotope. Ceci revient à l'étude fondamentale des interactions qui sont, dans le cas de deux essences, classées dans les neuf grands types rappelés par Delvaux.

Les bases théoriques de ces travaux sont dues entre autres à De Wit, un agronome et statisticien néerlandais, qui a établi une synthèse en 1960 de ses méthodes d'études de la compétition. Ses travaux théoriques s'appliquent, *mutatis mutandis*, aux conditions forestières, mais la complexité du milieu induit des difficultés d'interprétation et de modélisation, dès que le nombre d'espèces dépasse deux, ce qui est le cas général.

Dans le cas le plus simple d'un mélange équienné de deux essences a et b, Nelson (1964), en s'appuyant sur le fait que, dans la majorité des cas observés, sur une station donnée et avec une densité de peuplements comparable, **la croissance d'un peuplement équienné à deux espèces n'était pas supérieure à la croissance de la meilleure espèce en peuplement pur et n'était pas inférieure à la croissance de la plus médiocre également en peuplement pur**, a pu bâtir un modèle simple, qui est le suivant :

Si l'accroissement d'un mélange en quantités égales est exprimé par :

$$\text{accroissement du mélange } a + b = \frac{\text{accr. de } a + \text{accr. de } b}{2}$$

il est fort probable que la ligne α (voir figure 1) caractérisera la croissance des espèces a et b en mélange.

Figure 1

Les courbes β et γ seront obtenues dans les cas où, respectivement, le mélange provoquera un effet positif, ou au contraire dépressif.

Il serait également possible de trouver des cas (allélopathie, antagonisme par exsudats racinaires, parasitisme induit d'un hôte alternant par exemple) où l'espèce a en présence de b induirait une récolte moindre en mélange par rapport à celle de l'espèce la moins productive à l'état pur (courbe δ).

Les cas pourtant les plus intéressants pour le sylviculteur sont ceux — et ils existent — dans lesquels le mélange induit une productivité meilleure que celle de l'essence pure la plus productive (courbe ϵ). Ces cas à effet synergique ou symbiotique (ou de nature inconnue) n'ont pour Nelson qu'un intérêt académique.

La situation α est néanmoins la plus courante et elle s'exprime simplement par la formule :

$$\Delta M = \Delta A - (\Delta A - \Delta B) X B$$

où ΔM est l'accroissement du mélange ;

ΔA : l'accroissement de l'espèce A, la plus productive en peuplement pur ;

ΔB : l'accroissement de l'espèce B, la moins productive en peuplement pur ;

et XB : la proportion en surface terrière de l'espèce la moins productive rapportée à la surface terrière du mélange.

Une relation très proche permet de représenter les cas des courbes β et γ , de forme parabolique. En généralisant à plusieurs espèces, Nelson peut écrire :

$$\Delta M = \Delta A - (\Delta A - \Delta B) X B - (\Delta A - \Delta C) X C - (\Delta A - \Delta N) X N$$

$\Delta C...$ à ΔN indiquant les accroissements en peuplements purs des diverses espèces du mélange et $X C...$ $X N$ les parts respectives en surface terrière.

En conclusion, Nelson (*op. cit.*) insiste sur la qualité et la quantité des mesures nécessaires pour alimenter le modèle en données sûres ; on pourrait ajouter que de tels modèles doivent être accompagnés d'une indication précise de la zone de validité (pas trop éloignée de celle où les données de base ont été recueillies). Enfin, il signale que le modèle ne fournit que des indications quantitatives alors que, pour nombre d'essences, les plus précieuses bien sûr, l'aspect qualitatif est primordial.

Une théorie complète des modèles utilisables pour l'étude des interactions en forêt se trouve dans l'ouvrage de Leary (1985). De nombreux exemples comparent les approches économique, écologique, mais aussi « biocentrique »⁽²⁾ permettant d'aborder la gestion forestière : la tradition économique se fonde sur des décisions préalables très anthropocentriques, chiffrées en rapports investissements-récoltes, assurant le meilleur rendement possible, le plus durable aussi et les usages multiples, bois, vie sauvage, eau, récréation...

Mais les économistes forestiers reconnaissent la difficulté de chiffrer la valeur de nombre de ces produits.

(2) L'approche « biocentrique », que Leary attribue à des pionniers comme le physicien John Muir, le Dr Albert Schweitzer, Rachel Carson (silent spring) ou le forestier Aldo Leopold, se traduit essentiellement par une éthique respectueuse de la nature dans son entier, accordant en principe les mêmes droits à l'homme et à tous les êtres vivants qui l'entourent.

L'approche écologique, apparemment plus aisée, s'appuie sur des « lois » (cf. figure 2 ci-dessous) parmi lesquelles la stabilité des communautés d'êtres vivants liée à leur diversité est une des mieux établies. Petulla (1980) a exprimé ce concept de la façon suivante :

« L'accent en écologie est mis sur une prise de conscience scientifique des interactions et de l'interdépendance entre les constituants des communautés naturelles. Le concept écologique fondamental pour un groupement quelconque est de constituer un modèle de communauté stable composée de divers animaux et plantes (de préférence riche et diversifiée), au sein de laquelle on peut suivre un flux d'énergie qui s'échange et qui peut être rompu par des phénomènes naturels ou, plus fréquemment, par l'action de l'homme » ⁽³⁾.

Le concept biocentrique enfin, sans doute en mesure d'être concilié aisément avec la tradition écologique, et peut-être même à terme, avec le point de vue économique ⁽⁴⁾, a été clairement exprimé par A. Léopold :

« La faiblesse fondamentale d'un système de conservation qui serait basé uniquement sur des raisons économiques provient du fait que la majorité des membres d'une communauté terrestre n'a aucune valeur économique (financière). Les fleurs sauvages et les oiseaux qui chantent sont des exemples. Sur les 2 200 espèces de plantes supérieures et d'animaux originaires du Wisconsin, il n'y en a sans doute pas plus de 5 % qui puissent être vendues, utilisées et consommées, ou employées autrement dans un but économique. Et pourtant, ces créatures sont partie intégrante de la communauté biologique et, si (comme je le crois) la stabilité de cette communauté dépend de son intégrité, chacun des êtres vivants qui la compose a le droit de s'y maintenir...

Certaines espèces forestières ont été exclues des préoccupations des forestiers économistes, parce qu'elles poussent trop lentement ou parce que leur valeur est trop faible pour qu'elles soient utilisables comme bois d'œuvre. Il en est ainsi de certains Thuyas, Mélèzes, Chamaecyparis, du Hêtre, du Tsuga... » ⁽⁵⁾.

Conclusions partielles

Et, en conclusion, je voudrais dire qu'il m'apparaît clairement — bien qu'intuitivement — que lorsque je rencontre en forêt un poirier ou un pommier sauvage, une belle fourmillière ou encore une martre ou un chat sauvage, ou une loutre dans le ruisseau, toutes visions qui deviennent des raretés, j'ai l'impression que la forêt ou l'eau est en meilleur état.

Les environnements stables permettent l'accumulation de diversité biologique dans les écosystèmes matures qui renforce la stabilité de la population.

(3) « The ecological emphasis is derived from a scientific understanding of interrelationships and interdependence among the parts of natural communities. The important ecological concept for the group is a model of a stable community made up of plants and animals (preferably rich and diverse) and a traceable flow of energy which may be disrupted by natural phenomena or, more commonly, by human activity ».

(4) Il n'est pas interdit de penser, pour ne prendre qu'un exemple, qu'une molécule chimique antivirale spécifique du sida est actuellement recueillie par un arbrisseau du sous-bois amazonien ou zaïrois.

(5) « One basic weakness in a conservation system based wholly on economic motives is that most members of the land community have no economic (financial) value. Wildflowers and songbirds are examples. Of the 2 200 higher plants and animals native to Wisconsin, it is doubtful whether more than 5 % can be sold, fed, eaten, or otherwise put to economic use. Yet these creatures are members of the biotic community, and if (as I believe) its stability depends on its integrity, they are entitled to continuance... Some species of trees have been read out of the party by economics minded foresters because they grow too slowly, or have too low a sale value to pay as timber crops: white cedar, tamarack, cypress, beech and hemlock are examples ».

MÉLANGES ET BIOLOGIE DES SOLS

C'est très probablement en matière de fonctionnement des sols et, en particulier, de cette véritable membrane d'échanges que constituent les humus que les arguments en faveur des mélanges sont les plus forts.

N'oublions pas, en effet, qu'en forêt et à la différence de ce qui se passe en agriculture, le facteur sol qui, avec le climat, commande toute la productivité forestière, n'est qu'exceptionnellement fortement modifié par l'homme qui s'en tient à une conduite raisonnée des peuplements. Bien sûr, il y a des contre-exemples : les sous-solages profonds précédant les plantations, un drainage actif dont l'effet peut être considérable durant toute la vie d'un peuplement, des apports d'engrais ou de boues fertilisantes sont pratiqués. Mais que représentent, en dehors des cas particuliers de la pinède landaise et de la populiculture, ces actions ponctuelles à l'échelle de la forêt mondiale ?

Tenons-nous-en au cas général, dans lequel le sol fonctionne en « automation biologique », pour reprendre l'expression imagée de De Turckheim (1990), dans le cadre d'un concept holistique (Mlinsek, 1991), c'est-à-dire dans lequel, du fait du recyclage permanent des éléments nutritifs indispensables, le tout représente davantage que la somme des parties. N'est-ce pas très exactement ce qui se passe au niveau d'un sol forestier ?

Essayons d'analyser un peu plus en détail le fonctionnement de cette partie fondamentale de l'écosystème forestier que constitue l'interface entre l'air et le substrat, à la lumière des nombreux travaux conduits par l'École française de biologie des sols, qui renoue heureusement avec la tradition d'excellence du siècle passé.

Au départ, c'est à la lumière des observations alarmantes faites sur les peuplements purs de résineux, tels qu'ils étaient établis depuis plus d'un siècle en Allemagne, que des critiques violentes ont été lancées contre la « résinite » ou « résinose » qui infecterait les milieux forestiers français. Il faut dire que, depuis 1947, les reboisements entrepris avec l'aide du Fonds forestier national, se faisaient essentiellement à base de résineux. Jusqu'en 1978, seuls le Noyer et les Peupliers étaient subventionnés parmi les feuillus. Ces critiques, plus sentimentales qu'appuyées sur des résultats scientifiques sérieux, ont d'abord nécessité des mises au point partielles (Bonneau, 1978), mais ont surtout et heureusement conduit à une impressionnante quantité d'études scientifiques approfondies dans tous les domaines liés à l'activité des sols, **en établissant des comparaisons objectives, selon les conditions rencontrées, en particulier quant à la composition, pure ou mélangée, des peuplements forestiers étudiés.** Le projet PIREN (programme interdisciplinaire de recherches en environnement) et ses prolongements récents étudient entre autres :

- l'importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier (Arpin *et al.*, 1980) ;
- leurs interrelations (Ponge et Charpentier, 1981) ;
- bien sûr, les effets des reboisements résineux sur l'évolution des sols, afin de répondre objectivement aux critiques formulées. En particulier, la méthode des minéraux-test permettait une approche expérimentale de l'altération et du fonctionnement des écosystèmes ;
- chemin faisant, étaient analysés la constitution, le fonctionnement, l'évolution, la caractérisation par des facteurs visuels ou biologiques (Collemboles, Enchytraéides, pourriture blanche,...) des litières et humus forestiers, dont toute l'importance en sylviculture était soulignée.

On trouve dans la *Revue forestière française* des synthèses à l'usage des forestiers qui montrent toute l'importance de ces études (Mangenot, 1980 ; Toutain, 1981) et leur intérêt pratique.

Je m'efforcerai, dans ce qui va suivre, de faire l'analyse et la synthèse des travaux les plus

récents, d'en tirer les certitudes qui peuvent dès à présent être avancées, d'en indiquer aussi les pistes qui pourraient faire l'objet de recherches sylvicoles plus approfondies.

Le type, la composition du peuplement forestier ont une influence sur les humus, ainsi que sur la faune et la microflore du sol (Arpin *et al.*, 1986). Le site de la forêt d'Orléans était particulièrement bien choisi pour la composition assez diversifiée de ses peuplements, à base de Chêne et de Pin sylvestre, pour être aussi bien connu en matière de géologie, de pathologie et d'entomologie⁽⁶⁾, ainsi qu'en matière forestière. Le groupe de chercheurs du PIREN, aux compétences complémentaires, a mis en évidence et pour principaux résultats, en comparant les données obtenues dans des conditions diversifiées de peuplements (de la pinède pure à la chênaie en passant par des mélanges) :

- qu'une forte corrélation existait entre le peuplement forestier et les humus (mull acide sous chênaie pure, mull-moder sous les mélanges Chêne-Pin et dysmoder voire établissement d'un pseudogley sous le Pin) ;

- que cette corrélation se retrouvait normalement dans la composition spécifique des groupes de microarthropodes (Acariens, Oribates et Collembolés) ;

- que d'autres éléments de la faune, tels que les Nématodes ou les Diplopodes, variaient considérablement selon la composition des litières ;

- qu'un simple peuplement de Charme, maintenu en sous-étage des Pins, avait une influence notable sur les diverses populations étudiées ;

- que les populations de bactéries et de champignons variaient également beaucoup selon les types d'humus ;

- que l'activité biologique enfin, résultant de la somme des actions et interactions de ces divers éléments de faune et de flore était, selon les cas, intense ou ralentie, tout en restant néanmoins importante, même dans les litières les plus acides (aiguilles de pins), grâce au relais pris par certains groupes d'animaux (lombrics) ou végétaux (champignons).

Ces résultats ont confirmé les nombreux travaux qui montraient l'influence complexe de l'enrésinement sur la biologie des sols (Schwartz, 1981), sur l'évolution de leur fertilité (Dupraz *et al.*, 1986), à plus ou moins long terme, sur le fonctionnement global de l'écosystème forestier.

Toujours était souligné l'intérêt des mélanges à base de feuillus. Par exemple, le rôle fondamental du Charme, direct par sa litière stabilisatrice des humus ; ou indirect par son influence sur la composition de la couverture vivante, minimisant Mousses et Éricacées en particulier dont les effets nocifs ont été soulignés, conduisait à des recommandations sylvicoles appuyées en sa faveur (Ponge et Prat, 1982 ; Arpin *et al.*, 1986).

Une autre approche du même problème d'optimisation de l'activité biologique consiste à étudier les Lombriciens dont on sait depuis longtemps (Hensen, 1876 ; Henry, 1900), non seulement qu'ils constituent la plus importante biomasse animale en forêt fertile, mais surtout que leur rôle fouisseur de « charrue des forêts », diffusant la matière organique des litières et la mélangeant aux éléments minéraux, est fondamental quant à la fertilité, à la perméabilité des sols forestiers.

On trouve, dans Bouché (1984 a et b), une synthèse du rôle⁽⁷⁾ fondamental des Lombriciens ainsi que des résultats spectaculaires (voir figure 3, p. 120) quant aux corrélations entre les biomasses observées des différents groupes de Lombriciens en fonction des peuplements forestiers et des types d'humus correspondants.

(6) Depuis une trentaine d'années, et davantage encore, semble-t-il, depuis les quinze dernières années, des invasions d'insectes phytophages et xylophages s'en prennent aux pinèdes artificielles comme celles d'Orléans.

(7) Ce rôle est multiple : brassage des horizons, élimination de la litière, remontée des horizons profonds, microdrainage par les galeries (quelques milliers de kilomètres par hectare), 90 % des pluies violentes étant entraînées vers les horizons de réserve, profonds, donc limitant le lessivage par percolation... (Bouché, *op. cit.*).

Figure 3 **BIOMASSES DES LOMBRICIENS ESTIMÉES EN FORÊT D'EU (RICHEMONT, 76)**

Comparaison des catégories écologiques dans les parcelles Hêtre, mixtes et Épicéa (d'après B. Bouché).

- Lombriciens anécliques (très profondément actifs)
- Lombriciens endogés (dans les litières et les premières couches du sol)
- Lombriciens épigés (uniquement dans les litières)

Ces résultats sont corroborés par les travaux en hêtraie de Darney de Le Tacon (in Toutain *et al.*, 1988) qui, par un apport d'engrais, montre non seulement une évolution du moder initial vers un mull, mais dans le même temps un enrichissement fongique considérable, en particulier l'accélération de la décomposition des feuilles par les pourritures blanches et la restauration de la biomasse lombricienne. C'est, là encore, tout un processus d'amélioration de l'activité biologique qui est constaté.

Lors d'une étude mycosociologique conduite en forêt de Sainte-Hélène (Vosges), nous avons constaté que les hêtraies pures constituaient un milieu peu favorable à la diversité de la flore fongique. Elles ne fournissaient, dans les relevés d'espèces, que 15 à 18 espèces de Macromycètes, selon l'âge du peuplement, alors que, dès que des Chênes, des Trembles, des Bouleaux et même des Pins sylvestres, du Douglas ou des Sapins étaient en mélange, le nombre des espèces passait à plus de 40. Le nombre était encore plus élevé dans les mélanges multispécifiques (aulnaie-frênaie à Épicéa, Pin sylvestre et Bouleau) (Lanier, non publié ; Braesco, 1980).

En résumé, on peut dire que l'activité biologique commandant les transferts de matières dans un pédosystème est d'autant plus intense que l'écosystème sera **diversifié**. Or, la « biomasse active », animale ou végétale, peut présenter, selon les conditions plus ou moins favorables de l'écosystème, des variations considérables. Pour ne reprendre que l'exemple des Lombriciens, pour lesquels les chiffres précis sont disponibles, ils ont non seulement une valeur énergétique notable (22 Kj/gramme de matière vivante sèche ; Cuendet, 1985), mais aussi constituent des sources d'apports qualitatifs précieux (acides aminés indispensables), tels la lysine et la méthionine chez des animaux dont 70 % du poids sec sont constitués de protéines. En bonnes conditions, sont donc disponibles, pour le gibier, les autres mammifères, oiseaux et poissons, 300 kg de protéines, hautement énergétiques, à l'hectare, favorisant ainsi, en en nourrissant certaines composantes, l'activité globale de l'écosystème.

CHABLIS

Venons-en maintenant à l'important problème des chablis, dont les fréquences semblent s'accroître au cours des récentes années (*Revue forestière française*, n° 4, 1987 ; nombreuses références depuis 1990).

Sur le plan sylvicole, le problème a été récemment bien résumé par Schütz (1990), en particulier sous la forme de deux tableaux, indiquant les sensibilités aux dégâts de neige (tableau I, p. 121) et à ceux du vent (tableau II, p. 121) des principales essences forestières.

La forêt doit-elle être mélangée ?

Conifères

Très sensibles : Pin sylvestre, Pin noir, Épicéa

Sensibles : Douglas, Weymouth

Peu sensibles : Pin de montagne, Pin cembro

Très peu sensibles : Mélèze

Feuillus

Très sensibles : Frêne, Bouleau, Peuplier, (lorsque les arbres portent encore leurs feuilles aux premières neiges)

Sensibles : Peuplier, Saule, Bouleau à l'état défeuillé

Peu sensibles : Tilleul, Frêne, Robinier, à l'état défeuillé, Châtaignier

Tableau I :

Sensibilité aux dégâts de neige

(d'après Bazzigher et Schmid, in Schütz, 1990)

Tableau II :

Sensibilité aux tempêtes de vent

(d'après Schütz *op. cit.*, modifié)

Très sensibles : Épicéa, Sapin

Sensibles : Bouleau, Chênes, Hêtres, Pins

Peu sensibles : Érables, Mélèzes, Frêne, Douglas, Charmes

Figure 4 ORGANIGRAMME DES TRANSFERTS DE MATIÈRE DANS UN PÉDOSYSTÈME (SOL-EAU-VÉGÉTATION)

Si, à l'occasion des diverses renversées que nous avons connues au cours des vingt dernières années, et entre autres, au vu des dégâts catastrophiques de début 1990 dans toute l'Europe de l'Ouest (60 à 65 millions de mètres cubes en Allemagne et plus de 100 millions pour l'Europe), nous examinons plus en détail les facteurs prédisposant aux renversées, des nuances sont à introduire. Elles nous conduisent toutes à préconiser l'établissement de peuplements, mélangés, irréguliers, plurispécifiques.

Il est clair qu'aucun peuplement, quelles que soient sa structure et sa composition, ne résistera à des tempêtes de type cyclone tropical, avec des pointes de vent dépassant les 180 km/h. Certaines situations très exposées, en altitude, sur des barres rocheuses et en sol très superficiel, sont également lourdes de menaces. Mais, dans le cas général, en sol suffisamment perméable aux racines, les facteurs à prendre en compte, en dehors des sensibilités des différentes essences, sont l'âge, le coefficient d'élancement, la densité des peuplements, la longueur du houppier (ces trois derniers facteurs étant liés), ainsi que l'irrégularité de la forme des houppiers, la génétique pouvant également intervenir, en conférant aux houppiers des formes adaptées aux météores « habituels ».

Mais pourquoi favoriser les mélanges, chaque fois que cela sera possible ? On a pu calculer, pour l'Europe du Nord et à partir de statistiques remontant à 700 ans, que des tempêtes dangereuses se produisent en moyenne tous les douze ans, ce qui signifie qu'un Hêtre par exemple devra en subir au cours de sa vie environ dix avant d'être récolté, s'il ne l'a pas été avant, en éclaircie par exemple. C'est pourquoi l'introduction de Mélèzes par exemple en hêtraie ou le maintien des Érables sycomores, Frênes, Charmes, Alisiers qui s'y seront installés — toutes essences réputées résistantes aux tempêtes — sont de sages mesures sylvicoles. En Normandie et en Bretagne, zones particulièrement exposées, on ne devrait plus rencontrer de hêtraies pures, moins pour des raisons phytopathologiques que pour échapper, au moins partiellement, aux incessants dégâts de chablis.

Aux faces les plus exposées aux vents dominants les plus dangereux, les bordures de peuplements doivent être particulièrement soignées, avec des sous-étages d'essences associables : Érables, Charme, voire résineux, jouant le rôle de filtre et ralentissant sans les arrêter les coups de vent les plus violents.

Bien qu'il soit certainement difficile de chiffrer de façon précise l'effet des mélanges et, d'un point de vue plus général, des peuplements irréguliers sur la plus ou moins grande incidence des tempêtes, il est communément admis (Dubourdieu, 1990) que les peuplements irréguliers et mélangés sont à favoriser systématiquement en haute montagne par exemple, là où leur mission de protection est primordiale.

D'ailleurs, les formes structurales adoptées naturellement par les microassociations (les « collectifs » de nos collègues suisses) sont des modèles d'adaptation aux météores, trapus, avec des houppiers presque jusqu'au sol. Leur mission fondamentale de protection prime alors sur leurs qualités technologiques qui sont nécessairement médiocres.

À plus basse altitude et lorsque toutes autres conditions, de station en particulier, sont comparables, il existe côte à côte en quantité suffisante pour des comparaisons statistiques probantes — et malheureusement rares — des peuplements irréguliers et réguliers, comportant les mêmes essences ; on a pu noter par exemple dans l'Emmenthal en Suisse, où de telles conditions existent, à la suite des tempêtes de 1967 :

— que 15 % de la possibilité annuelle avait été renversée dans les peuplements irréguliers et mélangés ;

— tandis qu'une possibilité et demie avait dû être récoltée en chablis dans des peuplements réguliers et purs, les pessières équiennes payant le plus lourd tribut.

Ces résultats étaient confirmés encore tout récemment dans les forêts de la Bavière du Nord et en particulier chez le baron von Rotenhan. Comme dans le Steigerwald voisin, c'est surtout l'Épicéa (qui n'est d'ailleurs pas en station dans cette région à vocation essentiellement feuillue), qui a payé le plus lourd tribut (jusqu'à 90 % des volumes renversés) à la tempête.

Mais ce qui est particulièrement à noter est le fait incontestable que les peuplements irréguliers, inéquiennes de Chênes, Pins et Hêtre, ont relativement peu souffert lors de la tempête (13 m³/ha de chablis en moyenne sur la propriété, en majorité Épicéa comme il a été dit), alors que des propriétés voisines, traitées en futaie régulière, ont perdu jusqu'à dix possibilités annuelles. Bien mieux, la pratique systématique des surréserves en Chêne, en Pin et en Hêtre, constituant pour le propriétaire une sorte de « caisse d'épargne » gagnant considérablement en valeur dans leurs dernières années, n'a pas entraîné, comme on aurait pu le craindre venant d'arbres isolés et à houppiers développés, de chablis particuliers. Il est possible, qu'issus pour la plupart d'anciens traitements en taillis-sous-futaie, ils aient été dans une certaine mesure adaptés à l'isolement. On a malheureusement constaté, lors des récents coups de chablis de début 1990 que, dans le cas du Hêtre en Lorraine, la structure de taillis-sous-futaie n'était pas suffisante pour assurer la stabilité. 900 000 m³ ont été renversés dans le Nord meusien (Blanchard, communication personnelle).

Un peuplement-modèle, qui n'a pas du tout souffert des chablis, nous a été montré. Il faut reconnaître que sa situation en excellente station (frênaie - érable colluviale), la protection des peuplements voisins, mais aussi sans doute sa composition exceptionnellement variée, ont assuré sa stabilité.

Chaque fois que cette stabilité risquera d'être menacée, la constitution et le maintien de peuplements mélangés et irréguliers quant à leur forme et à leur structure seront à recommander.

CONCLUSIONS

Maints autres exemples pourraient être donnés, y compris en France où beaucoup de peuplements, issus de taillis-sous-futaie, offrent une gamme d'essences assez variées et sont le plus souvent inéquiennes.

Ainsi, en France et en Lorraine en particulier, d'importants efforts sont actuellement consentis pour conserver, autant que faire se pourra, une diversité maximum des essences et constituer une forêt mélangée.

Les directives régionales d'aménagement des forêts domaniales préconisent, pour la Lorraine, de « *favoriser les mélanges, considérés comme un facteur prépondérant dans la stabilité biologique des peuplements forestiers : le mélange permet une meilleure structuration des peuplements et une plus grande résistance aux attaques parasitaires...* ».

Il faudra éviter de cultiver les essences dites d'ombre (Sapin, Hêtre) en monoculture.

Les essences qualifiées de « secondaires » devront être associées à l'essence principale dans l'étage dominant (proportion souhaitée 15 à 50 % en volume).

L'obtention de ce mélange des essences est une préoccupation majeure des modèles de sylviculture.

Une telle politique, encore trop récente pour avoir pu porter tous ses fruits, devrait rapidement aboutir en forêt soumise.

Pour ce qui est de la forêt privée, je partage tout à fait le point de vue de Hubert (1991), selon lequel il serait regrettable de se priver des régénérations plus ou moins aléatoires, mais fréquentes en feuillus divers. Pour peu que ceux-ci soient également précieux, la valeur prise par les billes de pied de certains feuillus recherchés pourrait constituer l'essentiel de la valeur de tout peuplement. On peut aussi imaginer qu'une hêtraie adulte comportant une centaine d'arbres déroulables ($700 \text{ à } 1\,000 \text{ F/m}^3$) verrait sa valeur doubler si elle comportait, en plus, une vingtaine de feuillus précieux, qui pourraient être une dizaine d'Érables sycomores — surtout si certains sont ondés — cinq Merisiers et cinq Alisiers ou Cormiers (valeur $1\,000 \text{ à } 5\,000 \text{ F/m}^3$, voire davantage).

Bien mieux, les nécessités qui semblent devoir nous imposer, dans les décennies proches, de reboiser certaines terres délaissées par l'agriculture, dont les potentialités forestières peuvent être excellentes, doivent nous inciter à diversifier la palette des essences utilisables. Pourquoi ne pas compléter notre gamme déjà importante de feuillus précieux, à planter de préférence en mélange, par des ajouts d'autres essences, en étudiant soigneusement leur adaptation à nos stations.

En effet, si en matière de résineux, le Douglas, les Pins noirs, les Mélèzes de basse altitude, le Cèdre, les Sapins méditerranéens peuvent être considérés comme des réussites, celles-ci sont rares dans le registre des feuillus, alors que la variété de nos sols et de nos climats aurait dû les privilégier. En dehors des Noyers, du Robinier et, dans une moindre mesure, du Chêne rouge, du Châtaignier, et des Peupliers pour la part non indigène, nous avons apparemment beaucoup négligé d'autres feuillus potentiellement intéressants (Caryas, Bouleau jaune, Frênes exotiques, Nothofagus), malgré quelques rares plaidoyers comme celui, récent, en faveur du Tulipier (*Bulletin technique de l'Office national des Forêts*, n° 19, janvier 1991).

Entendons-nous bien. Il ne s'agit pas, par un pointillisme exagéré, de transformer nos futaies en un capharnaüm hétérogène et ingérable. Il s'agit, pour chaque station :

- d'utiliser au mieux les essences indigènes existantes, en les mélangeant au moins par parquets individualisés et régulièrement suivis par un « contrôle » permanent de leurs performances, contrôle qui n'est pas nécessairement réservé à la tutaie jardinée, comme le rappelait récemment Pardé (1991) ;

- d'améliorer au besoin et d'enrichir des mélanges existants par des introductions, feuillues ou résineuses, de nature à favoriser l'activité biologique de l'ensemble et à assurer ainsi la performance économique la plus diversifiée ;

- de multiplier les expérimentations complémentaires permettant, à terme et dans chaque cas, d'optimiser la sylviculture dans tous ses objectifs, y compris paysagers ;

- de compenser les investissements, intellectuels en particulier, nécessités par ce contrôle permanent de la production et par des soins plus attentifs par l'obtention de produits de meilleure qualité générale et surtout plus diversifiés, assurant ainsi la promotion du matériau-bois.

Tout ceci impliquera certainement une intensification de la sylviculture, par des gains nécessaires de productivité ; ainsi le matériau-bois restera un produit cher à l'achat, mais noble dans ses emplois et donc concurrentiel par rapport à ses éventuels substituts (Badré, 1991), si l'on conserve une « assez grande diversité des espèces, qui permet de s'adapter au marché ».

Si l'on en juge par l'évolution générale des prix des bois de valeur, il ne faut pas craindre cette évolution, qui suppose seulement une gestion plus intensive de peuplements nécessairement plus délicats à conduire. Mais, comme le soulignait Viney dès 1972, la gestion des mélanges ne doit pas poser de problèmes particuliers à l'aménagiste. « *En évitant un pointillisme exagéré, en établissant par exemple des sous-parcelles, distinguées par de nettes différences de stations, les cultures simultanées multiples sont le plus souvent possibles et souhaitables* ».

La forêt doit-elle être mélangée ?

« L'évocation de cet obstacle (difficulté de gestion) est un prétexte invoqué par les forestiers sans imagination ou par les technocrates de la forêt, ennemis aussi redoutables que les insectes dévastateurs ».

J'ajouterai que, compte tenu de la longue liste des avantages des mélanges, dont la plupart ne peuvent être raisonnablement contestés, et compte tenu du fait que des difficultés apparentes de gestion peuvent conduire à une amélioration de celle-ci par la nécessité de soins plus attentifs — et d'expérimentations plus poussées —, je considère que la quasi-totalité de la forêt devrait être constituée de mélanges.

C'est peut-être d'Amérique du Nord que nous viendra une nouvelle lumière, compte tenu de la plus grande diversité, déjà évoquée, de leurs peuplements actuels.

Depuis quelques années en effet, et suite à un symposium de sylviculture qui s'est tenu à Syracuse (État de New-York) en 1986, des recherches portant sur les travaux d'amélioration des peuplements mélangés du Nord-Est des États-Unis et du Canada se multiplient. Lamson et Smith (1987) préconisent des améliorations des peuplements mélangés naturels par des sortes de « balivages » d'arbres de qualité, accompagnés d'éclaircies à leur profit. Effectués au stade précommercial, ces travaux devraient aboutir à la constitution de peuplements mélangés d'essences de valeur.

Les Canadiens (Robitaille *et al.*, 1990) conseillent de travailler dès le stade du gaulis, et accompagnent parfois l'opération de nettoyage d'une fertilisation, afin de donner un coup de fouet à l'accroissement des arbres d'avenir sélectionnés. Bien entendu, cette sélection porte en priorité sur le choix des essences les plus intéressantes.

Il en résulte l'élaboration de règles de sylviculture favorisant la régénération et la croissance des essences précieuses (Robitaille et Majcen, 1991), et lorsque les mélanges s'y prêtent, en particulier lorsqu'ils comportent des essences supportant un certain ombrage, on aboutit à des futaies irrégulières et surtout mélangées, qui sont considérées comme un objectif souhaitable à long terme ⁽⁸⁾ (Majcen *et al.*, 1990).

Cette sylviculture des peuplements mélangés, qui reste à mettre au point dans le détail, pourrait nous revenir alors, enrichie des résultats scientifiques qui manquent encore. Elle pourrait se substituer, pratiquement partout, des régions intertropicales aux plus froides, à la monoculture qui montre ses limites, rapidement ou après quelques révolutions.

Objet des soins attentifs de sylviculteurs toujours mieux formés, produisant des bois diversifiés, de la plus haute qualité possible, cette forêt serait alors véritablement le « patrimoine de l'avenir ».

L. LANIER
Professeur de Sylviculture
ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES FORÊTS
14, rue Girardet
54042 NANCY CEDEX

(8) Lorsqu'on dispose au départ, dans des peuplements essentiellement feuillus du Québec méridional, en plus de l'Érable à sucre considéré comme l'essence prioritaire, du Carya cordiforme, du Tilleul d'Amérique, du Bouleau jaune, du Hêtre à grandes feuilles, du Frêne blanc, du Noyer cendré, du Cerisier tardif, du Chêne rouge, de l'Ostrya de Virginie, de l'Orme d'Amérique et du Frêne noir, toutes essences de qualité, les types de solutions pourraient s'avérer très diversifiées.

BIBLIOGRAPHIE

- ACTA. — Journées faune et flore auxiliaires en agriculture, 4-5 mai 1983. — Paris : ACTA, 1983. — pp. 105-117.
- ARPIN (P.), DAVID (J.-F.), GUITTONNEAU (G.-G.), KILBERTUS (G.), PONGE (J.-F.), VANNIER (G.). — Influence du peuplement forestier sur la faune et la microflore du sol et des humus.
I - Description des stations et étude de la faune du sol
II - Microbiologie et expériences au laboratoire
Revue d'Écologie et de Biologie du Sol, vol. 23, n° 1, 1986, pp. 89-118, n° 2, pp. 119-153.
- ARPIN (P.), KILBERTUS (G.), PONGE (J.-F.), VANNIER (G.). — Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. In : *Actualités d'écologie forestière* / P. Pesson. — Paris : Gauthier-Villars, 1980. — pp. 87-150.
- ASSMANN (F.). — The principles of forest yield study. — Oxford : Pergamon Press, 1970. — 506 p. (Traduction anglaise de « Waldertragskunde »).
- AUCLAIR (D.). — La Sylviculture des forêts mélangées. Étude bibliographique. — INRA, 1978. — 44 p., bibliographie.
- BADRÉ (M.). — Écologie et économie. Quelques réflexions de plus sur les objectifs de la gestion sylvicole. — *Revue forestière française*, vol. XLIII, n° 3, 1991, pp. 227-234.
- BINKLEY (D.), LOUSIER (J.-D.), CROMACK (K.J.C.). — Ecosystem effects of Sitka alder in a Douglas-fir plantation. — *Forest Science*, vol. 30, 1984, pp. 26-35.
- BONNEAU (M.). — Conséquences pédologiques des enrénements en forêt. — *Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, 14 juin 1978, pp. 931-942.
- BOUCHÉ (M.B.). — Les Vers de terre. — *La Recherche*, 156, 1984a, pp. 796-804.
- BOUCHÉ (M.B.). — Faune et flore telluriques : leur contribution à la fertilité des sols. — 1984b.
- BRAESCO (A.). — Application mycosociologique à l'analyse des biocénoses forestières. — Nancy : Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1980. — 64 p. (Thème personnel).
- BRIGGS (D.G.), DE BELL (D.S.), ATKINSON (W.A.). — Utilization and Management of Alder. Proceedings of Ocea Shores Symposium. April 25-27 1977. — Portland : USDA - Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 1978.
- CHEVROU (R.B.). — La Loi tronquée de De Liocourt. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 47, n° 3, 1990, pp. 229-239.
- CUENDET (G.). — Répartition des Lombriciens (*Ologochaeta*) dans la Basse Engadine, le parc naturel et le val Müstair (Grisons, Suisse). — *Revue suisse zool.*, vol. 92, n° 1, 1985, pp. 145-163.
- DEBAZAC (E.-F.). — Écologie et économie forestière. In : *Ecologie* / P. Pesson. — 1987. — pp. 309-342.
- DELVAUX (J.). — Peuplements purs ou mélangés. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, vol. 78, 1971, pp. 183-197.
- DRAPIER (J.). — Les Difficultés de régénération des sapinières vosgiennes. Importance de l'humus et rôle de l'allélopathie. — Université de Nancy, STMCM, 1983. — 109 p. (Thèse).
- DUBOURDIEU (J.). — Futaie régulière et futaie jardinée. — *Revue forestière française*, vol. XLII, n° 6, 1990, pp. 561-575.
- DUPRAZ (C.), LELONG (F.), BONNEAU (M.). — Effets des boisements résineux purs sur l'évolution de la fertilité du sol : premiers résultats obtenus sur bassins versants expérimentaux du Mont Lozère (Lozère, France). — *Annales des Sciences forestières*, vol. 43, n° 2, 1986, pp. 147-164.
- FRANÇOIS (T.). — À propos d'un phénomène d'alternance. — *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est*, 1942.
- GAYER (K.). — Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. — Berlin : P. Parey, 1886. — 168 p.
- GUITTON (J.-L.). — Sylviculture des peuplements mélangés. Rapport bibliographique. — Nancy : École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1977. — 63 p.
- GURNAUD (A.). — La Sylviculture française et la méthode du Contrôle. — Besançon : Imprimerie Paul Jacquin, 1886. — 121 p.
- HENSEN (V.). — Die Tätigkeit des Regenswurms (*Lumbricus terrestris* L.) für die Fruchtbarkeit des Erdbodens. — *Zeitschrift f. wiss. zool.*, vol. 28, 1876, pp. 354-364.
- HUBERT (M.). — « Pro silva » en France. Pourquoi et comment ? — *Revue forestière française*, vol. XLIII, n° 3, 1991, pp. 261-263.
- LACHAUSSÉE (E.). — La Régénération de l'Épicéa en haute montagne. — *Revue des Eaux et Forêts*, vol. LXXXV, 1947, pp. 281-302.
- LAMSON (N.I.), SMITH (H.C.). — Precommercial treatments of 15 to 40 year old northern hardwood stands. pp. 160-175. In : *Managing northern hardwoods* / R.D. Snyland Editor. — Proceedings of a silvicultural symposium, 23-25 June 1986. — 1987.
- LEARY (R.A.). — Interaction theory in forest ecology and management. — Dordrecht : Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk Publishers, 1985. — 219 p.
- LEIBUNDGUT (H.). — Die Plenterung einst und jetzt. — *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, vol. 142, n° 1, 1991, pp. 61-67.

- LEOPOLD (A.). — Sand county almanac : with others essays on conservation from Round River. — Oxford : Oxford University Press, 1966. — 295 p.
- MAJCEN (Z.), RICHARD (Y.), MENARD (M.), GRENIER (Y.). — Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes. — Gouvernement du Québec, 1990. — 96 p. (Mémoire n° 96).
- MANGENOT (F.). — Les Litières forestières. Signification écologique et pédologique. — *Revue forestière française*, vol. XXXII, n° 4, 1980, pp. 339-355.
- MITTSCHERLICH (G.). — Wald, Wachstum und Umwelt. Chapitre 4-5 : Mischbestände. — Frankfurt-am-Main : J.D. Sauerländer's Verlag, 1970. — pp. 112-131.
- MLINSEK (D.). — The holistic concept of natural productive forests. — *Quarterly Journal of Forestry*, vol. 85, n° 1, 1991, pp. 8-11.
- NELSON (T.-C.). — Growth models for stands of mixed species composition. — Proc. Soc. Am. For. Denver « Forestry at the top of the Nation », 1964, pp. 229-231.
- PARDE (J.). — La Méthode du Contrôle, d'hier à aujourd'hui. — *Revue forestière française*, vol. XLIII, n° 3, 1991, pp. 185-202.
- PETULLA (J.-M.). — American environmentalism : values, tactics, priorities. — Texas A and M. University Press College Station, 1980. — 239 p.
- PONGE (J.-F.), CHARPENTIER (M.-J.). — Étude des relations microflore-microfaune : expériences sur *Pseudosinella alba* (Packard), collembole mycophage. — *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*, vol. 18, 1981, pp. 291-303.
- PONGE (J.-F.), PRAT (B.). — Les Collembolles indicateurs du mode d'humification dans les peuplements résineux, feuillus et mélangés. Résultats obtenus en forêt domaniale d'Orléans. — *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*, vol. 19, 1982, pp. 237-250.
- PRUDIC (Z.). — L'Influence de la composition du peuplement sur la production des hêtraies à sapins et sur la réduction du but perspectif de l'exploitation (en tchèque). — *Lesnictvi*, vol. 17, 1971, pp. 271-286.
- RANGER (J.), ROBERT (M.), BONNAUD (P.), NYS (C.). — Les Minéraux-test, une approche expérimentale *in situ* de l'altération biologique et du fonctionnement des écosystèmes forestiers. Effets des types de sol et des essences feuillues et résineuses. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 47, 1990, pp. 529-550.
- ROBITAILLE (Lise), SHEEDY (G.), RICHARD (Y.). — Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de Bouleau jaune. — *The Forestry Chronicle*, vol. 66, n° 5, 1990, pp. 487-493.
- ROBITAILLE (Lise), MAJCEN (Z.). — Traitements sylvicoles visant à favoriser la régénération et la croissance du Bouleau jaune. — *L'Aubelle*, n° 82, 1991, pp. 10-13.
- ROUSSEAU (L.Z.). — De l'influence du type d'humus sur le développement des plantules de Sapin dans les Vosges. — *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts*, vol. XVII, 1960, pp. 17-115.
- ROUSSEL (L.). — Le Phénomène d'alternance entre le Sapin et l'Épicéa. — 84^e Congrès des Sociétés savantes, 1949, pp. 437-440.
- SCHAEFFER (R.), MOREAU (R.). — L'Alternance des essences. — *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est*, vol. 29, 1958, pp. 1-12, pp. 277-288.
- SCHÜTZ (J.-Ph.). — Die waldbaulichen Möglichkeiten und Grenzen von Mischbestockungen. — Compte rendu IUFRO Congress, Montréal, 1990, Division I, pp. 468-477.
- SCHÜTZ (J.-Ph.). — Que peut apporter le jardinage à notre sylviculture ? — *Journal forestier suisse*, vol. 132, n° 4, 1981, pp. 219-242.
- SCHÜTZ (J.-Ph.). — Sylviculture 1. Principes d'éducation des forêts. — Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990. — 243 p.
- SCHWARTZ (R.). — Influence de la monoculture des résineux sur la microflore des sols et la décomposition des litières. — Université de Nancy I, 1981. — 170 p. (Thèse 3^e cycle).
- TAN (B.S.). — La Régénération du Sapin (*Abies alba* Mill.) dans le Jura ; influence des facteurs physiques, édaphiques et biotiques sur les stades précoces du développement des semis. — Université de Besançon, 1988. — 127 p. (Thèse).
- TOUTAIN (F.). — Les Humus forestiers. Structure et modes de fonctionnement. — *Revue forestière française*, vol. XXXIII, n° 6, 1981, pp. 449-477.
- TOUTAIN (F.), DIAGNE (A.), LE TACON (F.). — Possibilités de modification du type d'humus et d'amélioration de la fertilité des sols. — *Revue forestière française*, vol. XL, n° 2, 1988, pp. 99-107.
- TURCKHEIM (B. de). — L'Intensité en sylviculture. Quelques réflexions sur l'orientation de la gestion dans nos forêts. — *Revue forestière française*, vol. XLII, n° 5, 1990, pp. 475-494.
- VINEY (R.). — Peuplements mélangés et aménagements. — *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté*, vol. 36, 1972, pp. 75-80.
- WICKLOW (M.C.), BOLLEN (W.B.), DENISON (W.C.). — Comparison of soil microfungi in 40-year old stands of pure alder, pure conifer and alder-conifer mixtures. — *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 6, 1974, pp. 73-78.
- WIT (C.T. de). — On competition. — Wageningen : Institute for Biological and Chemical Research on Field crops and Herbage, 1960. — 82 p. (Versl. Landbouwk. Onderz., 66-8).
- WOLLUM (A.G. II), YOUNGBERG (C.T.). — The influence of nitrogen fixation by non-leguminous woody plants on the growth of pine seedlings. — *Journal of Forestry*, vol. 62, 1964, pp. 316-321.
- ZAK (J.). — Beitrag zur Entwicklung und zum Aufbau der Mischebestände im Gebiet von Krivoklat (Pürglitz). — *Archiv für Forstwesen*, vol. 15, 1966, pp. 349-360.

LA FORÊT DOIT-ELLE ÊTRE MÉLANGÉE ? (Résumé)

La sylviculture, dans nos régions tempérées en particulier, a évolué vers une simplification des écosystèmes forestiers, une rationalisation progressive de la conduite des peuplements, en vue d'établir une prévision fiable des récoltes et une planification économique des opérations forestières.

Elle a permis de grands progrès dont les résultats sont tangibles.

Des voix s'élèvent aujourd'hui pour s'inquiéter des excès et des risques auxquels pourrait conduire cette tendance à la rationalisation extrême, qui pourrait aboutir à la monoculture équienne de clones les plus performants possible.

Mais au nom de quoi, exactement, prôner les vertus des mélanges d'essences, et faire l'éloge de la diversité ?

Si des arguments scientifiques existent, si des expérimentations rigoureuses ont été faites, on devrait pouvoir dégager, sinon des certitudes absolues — rares en foresterie — du moins des tendances qui méritent d'être examinées, suggérant à nos successeurs des expérimentations nouvelles.

La sylviculture des peuplements mélangés, qui reste à mettre au point dans les détails, mérite-t-elle d'être encouragée et tentée ou n'est-elle que poésie ?

FORESTS: TO MIX OR NOT TO MIX (Abstract)

Especially in the temperate regions silviculture has sought to simplify forest ecosystems and rationalise stand management in order to ensure more reliable harvest forecasts and economic plans for forestry operations.

Good progress has generated tangible results.

Voices of protest are now being heard about excessive and risky results that extreme rationalisation could produce, including monoculture of the most productive clones, all of the same age.

By what right do we extol the virtues of species mixtures and only find praise for diversity ?

If scientific arguments existed, and meticulous experiments had been conducted we should be able to speak with certainty — seldom possible in the field of forestry — at least about trends that need to be examined, and suggest further experiments to our successors.

Is mixed stand silviculture (which still needs to be finetuned) worth encouraging and tested, or is a figment of poetry ?

MUß DER WALD GEMISCHT SEIN ? (Zusammenfassung)

Der Waldbau, besonders in unseren gemäßigten Zonen, hat sich auf eine Vereinfachung der forstlichen Ökosysteme und auf eine progressive Rationalisierung der Bestandesführung hin entwickelt im Hinblick auf eine sichere und wirtschaftliche Planung der Ernte und der forstlichen Arbeiten.

Er hat große Forstschritte und greifbare Resultate ermöglicht.

Heute erheben sich Stimmen, die über die Ausmaße und die Risiken zu welchen diese Tendenz einer extremen Rationalisierung führen könnte, die bis zu einer gleichaltrigen Monokultur der bestmöglichen Klone gehen könnte, beunruhigt sind.

Aber in wessen Namen verfiert man die Vorteile einer Artenmischung und singt man das Lob der Verschiedenheit ?

Falls wissenschaftliche Argumente vorliegen und falls genaue Untersuchungen angestellt worden sind, so müßte man — wenn auch keine absoluten Sicherheiten (selten in der Forstwissenschaft) — so doch zumindest Tendenzen feststellen können, die es verdient näher beachtet zu werden und die unseren Nachfolgern neue Experimente suggerieren könnten.

Der Waldbau der gemischten Bestände, der noch genau zu regeln ist, verdient er unterstützt und gewagt zu werden oder handelt es sich um reine Poesie ?

¿ DEBE SER MEZCLADO EL BOSQUE ? (Resumen)

La silvicultura, en nuestras regiones templadas, en particular, ha evolucionado hacia una simplificación de los ecosistemas forestales, una racionalización progresiva de la conducción de las repoblaciones, con vistas a establecer una previsión fidedigna de las cosechas y una planificación económica de las operaciones forestales.

Ha permitido grandes progresos cuyos resultados son tangibles.

Ciertas voces se elevan hoy para inquietarse por los excesos y los riesgos a los que podría conducir esta tendencia a la racionalización extrema, que podría desembocar en el monocultivo equianual de clones lo más exitosos posible.

Pero, ¿ en nombre de qué preconizar, exactamente, las virtudes de las mezclas de variedades y hacer el elogio de la diversidad ?

Si existen argumentos científicos, si han sido realizadas experiencias rigurosas, se podrían sacar, si no certezas absolutas — raras en forestería — al menos tendencias que merezcan ser examinadas, sugiriendo a nuestros sucesores nuevas experiencias.

La silvicultura de las repoblaciones mezcladas, que espera ser puesta a punto en sus detalles, ¿ merece ser incitada e intentada, o es solamente poesía ?