
Une technique nouvelle au service de la Sylviculture **La Photologie Forestière**

par Louis Roussel



Les passagers des courriers aériens qui, de plus en plus nombreux, survolent notre planète, sont fréquemment étonnés de l'importance considérable des formations forestières qui s'étalent sous leurs yeux. Et en effet, les dernières statistiques de la F.A.O. (année 1960) font ressortir une surface boisée mondiale de 44 millions de kilomètres carrés, représentant le tiers des terres émergées du globe. Une bonne partie de ces forêts, soit 17 millions de kilomètres carrés, sont encore à peu près inexploitées, mais le surplus, de consistance très variée du reste, est soumis à des coupes plus ou moins régulières qui fournissent, chaque année, un volume appréciable de bois divers, évalué actuellement à un peu moins de 2 milliards de mètres cubes.

En France où, depuis les temps historiques, on peut estimer que les forêts sont en constante régression (malgré l'effort efficace de boisement des terres incultes accompli récemment grâce à l'aide du Fonds Forestier National), on compte encore près de 116000 km² de surfaces boisées, soit environ 20 pour 100 de notre territoire national.

Bien entendu, la façon dont les forêts sont traitées varie considérablement avec les caractéristiques des peuples qui les possèdent : simple cueillette chez les nations primitives, coupes brutales chez celles qui considèrent leurs ressources comme inépuisables, sylviculture raisonnée et prudence enfin dans les pays de civilisation ancienne, où la préservation des ressources ligneuses est apparue, de longue date, comme une impérieuse nécessité.

La sylviculture, dans son acception large, peut être définie comme l'art de traiter les forêts, en vue d'en obtenir une production *régulière* optimale en quantité et en qualité. Ses principes généraux consistent, étant donné que les arbres sont en général réalisés à un âge avancé (qui va de quelques décennies à près de deux siècles), à partager chaque massif en un certain nombre de secteurs qui sont successivement exploités, pendant que les autres croissent et s'étoffent, en vue des réalisations futures. Les cantons des forêts que l'on prive ainsi, totalement ou partiellement, de leurs plus grands arbres, doivent être regarnis en espèces (*ou essences forestières*) économiquement intéressantes. En France, ce sont principalement des " feuillus ", comme le chêne, le hêtre, le peuplier, le frêne, l'érable et l'orme, etc., ou bien des conifères (appelés aussi résineux), comme le sapin, l'épicéa, les pins divers et le mélèze, par exemple.

Pour que les parties exploitées des forêts soient recouvertes de " renaissances " qui donneront, plus tard, des arbres réalisables à leur tour, on peut utiliser la faculté qu'ont certaines essences forestières de se reproduire abondamment par voie de semences (on obtient alors un peuplement appelé *futaie*, fournissant plutôt du bois d'œuvre, et les coupes destinées à en obtenir l'amorce sont appelées, dans un sens large, *coupes de régénération*). On peut également avoir recours à des plantations, surtout fréquentes dans le cas des résineux et des peupliers. On peut enfin profiter du pouvoir qu'ont certains arbres feuillus de rejeter de souche après leur exploitation, et le peuplement que l'on obtient alors est appelé *taillis* ; il produit surtout du petit bois de chauffage. Il existe du reste un traitement mixte, appelé *taillis sous futaie*, où futaies et taillis sont cultivés en mélange.

Étant donné la tendance actuelle de la sylviculture moderne, qui consiste à orienter les forêts vers la production des arbres de futaie, réalisés à un âge avancé, ou de jeunes peuplements réguliers destinés à fournir du bois d'industrie (râperie), l'importance des coupes de régénération va croissant.

Importance du facteur lumière en Sylviculture

Quels sont donc les principes qui, traditionnellement, guident les forestiers dans la conduite des coupes de régénération ? D'abord, on marque une coupe légère, dite *d'ensemencement*, destinée à isoler les cimes des meilleurs arbres qui, bien insolés, seront amenés à

fructifier davantage. La semence produite tombe au sol et y germe. Il faut alors asseoir une série de coupes dites *secondaires*, destinées à mettre en lumière, plus ou moins rapidement du reste, les jeunes sujets installés dans les sous-bois. Faute de le faire, on risque fort de les voir dépérir et disparaître.

La cadence et l'intensité des coupes de régénération varient selon que l'on a affaire à des essences dites de lumière (le chêne pédonculé ou le mélèze par exemple) qui réclament, très tôt, un grand découvert, ou bien, et avec tous les intermédiaires imaginables, à des essences d'ombre (le hêtre ou le sapin notamment), lesquelles, dans leur jeunesse, ont besoin d'un certain abri contre le gel et l'insolation, en même temps qu'elles tolèrent bien un éclaircissement réduit (fig. 1). Les coupes sont dites *sombres*, *claires*, *très claires* ou à *blanc*, selon l'intensité des réalisations effectuées dans le peuplement principal. De même, quand on installe artificiellement de jeunes résineux dans des peuplements feuillus pauvres (charme, aulne, noisetier, etc.), il est nécessaire, avant et après cette opération, de pratiquer des coupes spéciales destinées à maintenir les plantations dans un climat lumineux favorable.

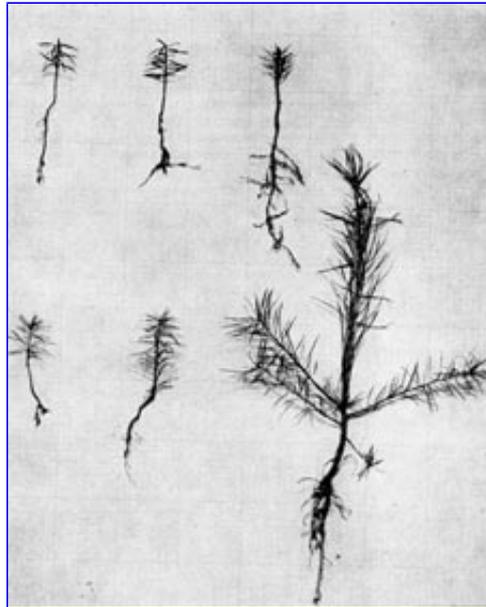


Fig. 1. - Essence d'ombre et essence de lumière.

En haut, trois sapins pectinés de 2 ans, développés en cases de végétation, respectivement (de gauche à droite) sous des éclaircissements relatifs de 12 p. 100, 37 p. 100 et 100 p. 100 ; sur cette " essence d'ombre ", du moins dans le très jeune âge, l'effet de la lumière est peu marqué. En bas, trois mélèzes d'Europe, âgés de 2 ans également, développés dans les mêmes conditions respectives ; l'effet de la lumière est considérable dès le premier âge (Roussel, 1955) - (Photo STAINACRE).

Les forestiers ont acquis, de longue date, une habitude certaine de ces divers genres d'opérations, selon l'essence forestière envisagée, mais, et il est très important de le souligner, l'appréciation des éléments ci-dessus est *purement qualitative*, en raison surtout de la variabilité extrême du microclimat lumineux des sous-bois, en raison aussi des difficultés que l'on rencontre, jusqu'ici, à déterminer, de façon quantitative, la valeur de la lumière visible, ou de la radiation solaire globale, qui règne dans telle ou telle station sylvestre.

Les problèmes de la photologie forestière

Depuis quelques décennies cependant, de nombreux chercheurs avaient jeté les bases d'une méthode plus scientifique, où l'emploi de procédés, d'abord rudimentaires comme le simple papier photographique (Wiesner 1907), puis de plus en plus perfectionnés (luxmètres à cellules photoélectriques et actinomètres de modèles variés), devait permettre de répondre, progressivement, aux principales questions suivantes :

- Quelle lumière règne dans telle ou telle station forestière ?
- Quelle est la variation de ce facteur provoquée par une coupe ?
- Quelles sont, en cette matière, les exigences, à leurs différents âges, des principales essences forestières ?

C'est l'ensemble de ces études systématiques que l'on peut réunir sous le nom de " photologie forestière ", le radical *photos* étant, ici, pris dans le sens large de radiation naturelle ; du reste, d'une façon assez générale, chaque fois que nous emploierons dans cet exposé le terme de lumière, il faudra comprendre l'ensemble des radiations, visibles ou non, qui nous parviennent du soleil et du ciel.

Avant d'examiner, de façon très sommaire, la façon dont l'ensemble de ces travaux se présente, il convient d'insister sur le fait que, si le facteur lumière est important en matière de physiologie végétale (donc forestière), il est loin d'être unique, et que d'autres éléments, les températures moyennes et extrêmes, les précipitations, les vents, sans compter bien entendu le sol lui-même, interviennent à des titres divers pour assurer la bonne croissance des jeunes arbres intéressants. Mais, dans une région bien déterminée, dont le sol et le climat sont connus

de longue date, c'est sur le facteur lumière que les forestiers agissent, principalement, par les coupes de régénération, et il n'est pas rare d'enregistrer en quelques années, dans une station donnée, une variation de cet élément progressant dans la proportion de 1 à 100 par exemple.

Premier type de problème : Quelle est la lumière qui règne dans un peuplement forestier à l'état stable ?

Dans une station de plein découvert, la lumière varie perpétuellement, et ce de façon considérable, suivant l'époque de l'année et l'état du ciel notamment. Il en est de même dans les sous-bois, et toute mesure instantanée, exprimée par un chiffre absolu, ne signifie à peu près rien du point de vue pratique. À l'opposé des observations de très longue durée donnent des chiffres qui, énoncés en lux-heures ou en calories par centimètre carré, ont une valeur certaine. Mais il est souvent difficile d'installer et de surveiller, pendant plusieurs années, des appareils délicats, et souvent coûteux, loin de tous lieux habités. De nombreux auteurs, Fairbairn en particulier, ont récemment insisté sur les difficultés considérables de ce genre de mesure. Pour ces raisons, on préfère souvent utiliser la notion d'"éclairage relatif", ou rapport entre la lumière régnant dans tel ou tel sous-bois et celle du plein découvert au même moment. Cet éclairage relatif, qui représente le facteur de transmission optique des cimes, sans être d'une constance et d'une rigueur absolues, présente cependant un intérêt certain, à condition d'opérer *par temps couvert bien égal* (Naegeli 1940 ; Roussel 1953 ; Vezina 1960). Par temps ensoleillé, il est facile de comprendre que la présence, dans les sous-bois, de petites taches mobiles au sol, lumineuses et sombres, rend les mesures beaucoup plus délicates (fig. 2 et 3).



Fig. 2. - La répartition de la lumière dans le milieu forestier est un phénomène très complexe - (Photo Stainacre).



Fig. 3. - Petite trouée dans une futaie de résineux du Haut-jura.

Au milieu des ronces et des fougères, de jeunes épicéas se sont établis (en bas à gauche). Quand ils seront plus nombreux, le forestier viendra, grâce à des "coupes de régénération", apporter la lumière nécessaire à leur bon développement ultérieur - (Photo STAINACRE).

Dans les forêts résineuses à aiguilles persistantes de notre pays (sapin, épicéa, pins divers) on trouve, en général, que les cimes agissent comme des grilles qui réduisent la quantité de lumière sans modifier beaucoup sa composition, et ce de façon assez constante pendant toute l'année. Une formule empirique a été proposée (Roussel 1948), qui relie l'éclairage relatif au sol (E_s) au nombre des tiges par

hectare (N) des peuplements résineux du Haut-Doubs :

$$E_r = \frac{K}{K + N}$$

dans laquelle K représente un facteur constant pour chaque essence forestière (20 dans le cas de l'épicéa). Ainsi, dans une futaie d'épicéa, à l'état stable, comprenant 500 tiges par hectare, l'éclaircissement relatif au sol est d'environ 4 pour 100. Le cas des résineux est donc, de ce point de vue, assez simple (fig. 4).

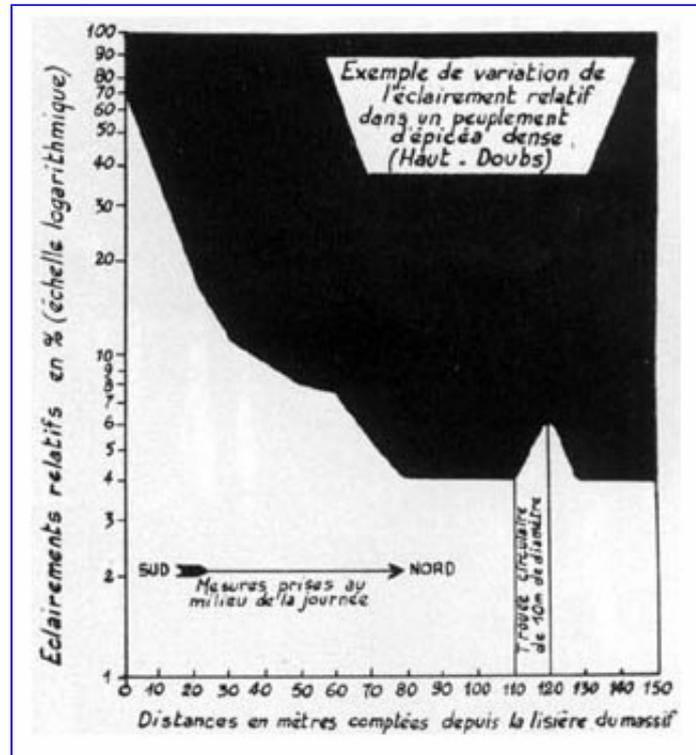


Fig. 4. - L'éclaircissement relatif diminue rapidement quand on pénètre dans une futaie d'épicéa dense des hautes chaînes du jura - Densité du peuplement : 521 tiges et 729 m³ par hectare - (Roussel, 1948).

Dans les forêts dites feuillues (chêne, hêtre, charme notamment) on enregistre, par contre, une double modification de la lumière des sous-bois. D'abord, évidemment, en quantité, et ce de façon variable selon le développement des feuillages. Quantin (1935) a relevé ainsi des valeurs d'éclaircissement relatif allant de 2 à 3 pour 100 environ, en été, jusqu'à 70 ou 80 pour 100 en hiver, sous un taillis sous futaie clair du jura méridional (fig. 5).

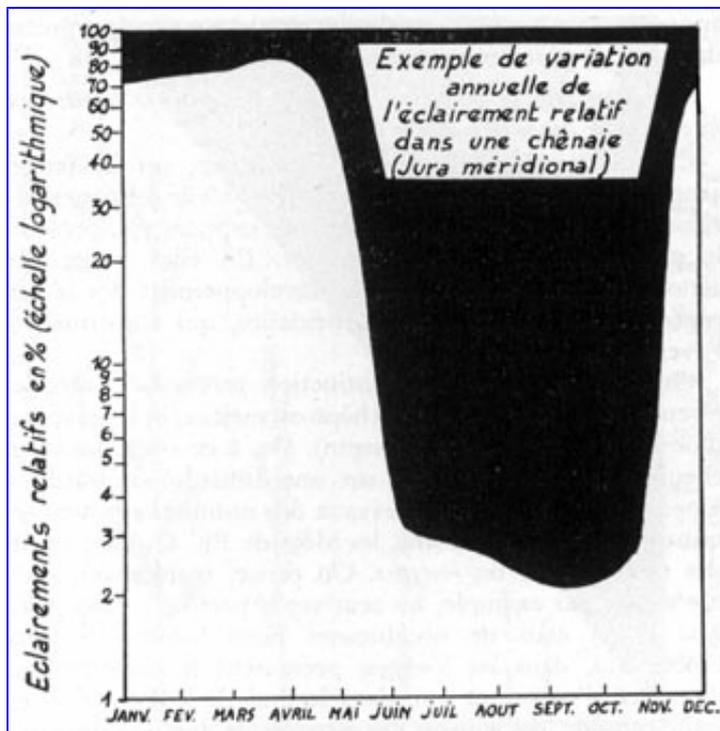


Fig.5. - L'éclairissement relatif subit de fortes modifications dans le courant d'une année, sous un taillis sous futaie, à dominante de chêne, du jura méridional - (D'après QUANTIN, 1955).

Mais on note, en outre, une modification de la qualité de l'éclairissement, surtout au printemps ; les feuillages agissent alors comme des filtres qui colorent légèrement en vert la lumière sylvestre. Dès l'année 1914, Knuchel avait mis en relief ce fait, grâce à un spectrophotomètre à source lumineuse constante. Plusieurs observateurs l'ont, très récemment, confirmé. De ce point de vue, les feuillus se présentent donc d'une façon plus complexe que les résineux (fig. 6 et 7).

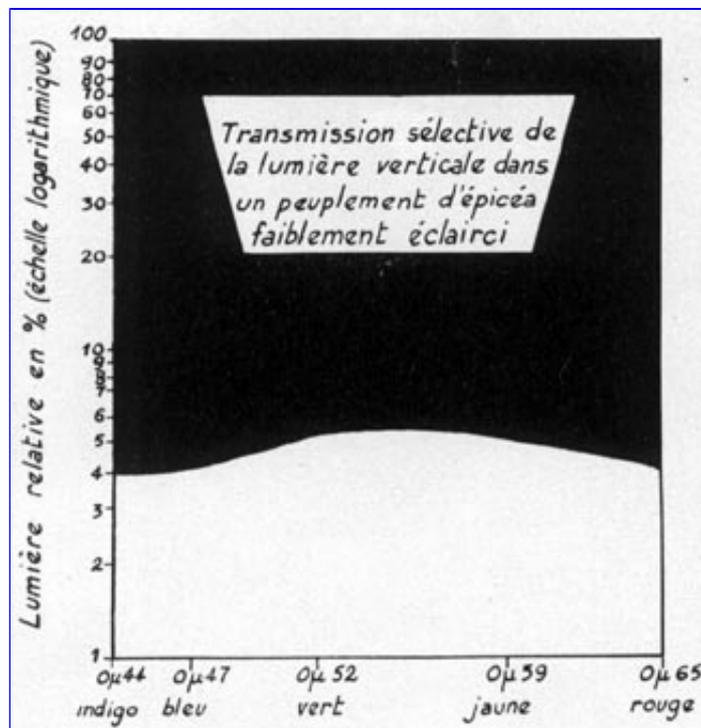


Fig. 6. - Les cimes d'épicéa agissent comme des grilles qui modifient peu la composition spectrale de la lumière verticale - (D'après KNUCHEL, 1914).

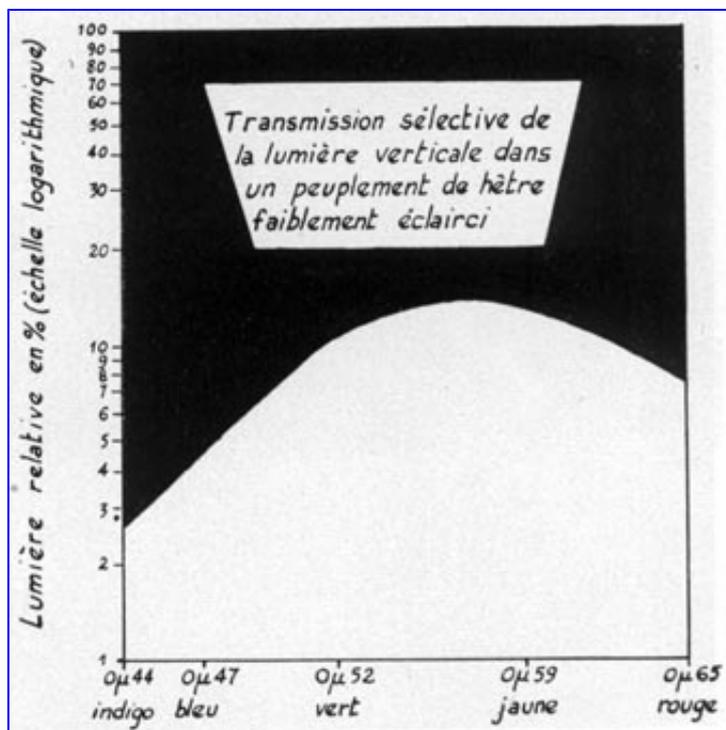


Fig- 7 - Les cimes de hêtre agissent plutôt comme des filtres qui colorent en vert et en jaune la lumière verticale, d'une façon un peu excessive ici - (D'après KNUCHEL, 1914).

Second type de problème : Quel est l'apport de lumière réalisé dans le sous-bois par une coupe d'intensité donnée ?

Quand un forestier a pratiqué une coupe dans un peuplement, l'enlèvement des arbres désignés entraîne, au sol, un apport de lumière plus ou moins important, mais essentiellement temporaire. En effet, les cimes des arbres qui restent sur pied, partiellement isolées, s'étendent, et le couvert se referme, plus ou moins rapidement du reste, selon l'âge et la nature de l'essence forestière en cause. Il est donc nécessaire de recommencer périodiquement l'opération. Dans un massif boisé, soumis à des coupes successives, un graphique représentant les variations dans le temps de l'état lumineux au sol aurait une allure " en dents-de-scie ", chaque cran étant plus ou moins décalé vers le haut par rapport au précédent.

Voici, à titre d'exemple, l'apport de lumière réalisé initialement par des coupes d'intensité nettement déterminée :

Sous une futaie de sapins, âgés de 80 ans environ, assez dense et régulière (625 tiges et 427 mètres cubes par hectare), l'éclaircissement relatif au sol était d'environ 4 pour 100. Pour mettre en lumière de jeunes épicéas, installés là depuis quelques années par suite d'un phénomène d'alternance assez fréquent dans le Haut-Doubs, une coupe de régénération réalisant 23 pour 100 du matériel a été marquée et exploitée. Immédiatement après l'exploitation, l'éclaircissement relatif au sol est passé à 18 pour 100 et a été plus que quadruplé. Un peuplement de ce genre se referme lentement et, dans cette lumière, les jeunes épicéas commenceront à se développer ; mais il faudra revenir fréquemment en coupe pour arriver à les mettre finalement en plein découvert.

Un taillis sous futaie des moyens plateaux du jura, composé de charmes âgés d'une trentaine d'années, avec quelques rares arbres plus âgés, et d'une densité de tiges voisine de 4 800 par hectare, ne présente guère, pendant sa période estivale de foliaison, qu'un éclaircissement relatif au sol de l'ordre de 3 Pour 100 environ. En hiver, cet éclaircissement relatif dépasse 50 pour 100. De jeunes sapins sont à y planter, afin d'améliorer la production de la forêt, et il faut, dès le départ, leur assurer un peu de lumière. Une " coupe d'abri " est assise. Elle ne laisse que 1 400 tiges par hectare. Après son exploitation, l'éclaircissement relatif au sol passe à 18-20 pour 100 et se trouve donc au moins sextuplé. Ainsi, dans cette lumière, les jeunes sapins pourront demeurer vigoureux ; mais les taillis de charme se referment très rapidement et, si l'on n'intervient pas, les résineux se trouveront, au bout de quelques années, dans un éclaircissement relatif de l'ordre de 5 à 6 pour 100, donc trop faible pour leur bonne croissance.

Au lieu d'être diffuses, les coupes peuvent être localisées (*trouées ou bandes*). Dans ce cas, des considérations élémentaires de photométrie et d'astronomie permettent d'indiquer, approximativement, le mode de répartition de la lumière dans ces diverses ouvertures.



Fig. 8. - Effet d'une trouée sur les jeunes chênes.

Dans les trouées pratiquées en forêt, l'ensemble des jeunes chênes, rouvres et pédonculés, prend au bout de quelques années (dix dans le cas de cette photo) une forme typique dite en "cône de régénération". Plusieurs facteurs peuvent être invoqués pour expliquer cet aspect, mais il semble que la répartition inégale de la lumière doive y jouer un rôle important - (Photo BERNARD).

Troisième type de problème : *Quel est l'effet de la lumière sur la croissance des jeunes arbres ?*

C'est évidemment l'étude de l'influence, sur les jeunes arbres des sous-bois, de la lumière telle qu'elle a été mesurée selon les principes qui viennent d'être exposés, qui présente le plus d'intérêt pour le forestier. En effet, toute son action doit être dirigée vers le développement des jeunes régénérations, naturelles ou artificielles, qui constitueront l'avenir de la forêt.

On a parlé, déjà, de la distinction *primordiale* entre les essences de lumière (du type chêne ou mélèze) et les essences d'ombre (du type hêtre ou sapin). Or, à ce sujet, les chercheurs ont buté longtemps sur une difficulté, aujourd'hui à peu près résolue par les travaux des nombreux botanistes qui ont suivi, sur ce point, les idées de Ph. Guinier : celle des races locales ou *écotypes*. On pense, maintenant, qu'il n'y a pas, par exemple, un seul sapin pectiné (*Abies pectinalis* D.C.) mais de nombreuses races locales de cette espèce qui, dans les Vosges, présentent le caractère net d'essence d'ombre et qui, dans le Sud de la France et en Italie centrale, deviennent des essences de demi ou de pleine lumière (Giacobbe 1956). Ceci, tout au moins pendant les premières années de leur développement. Les expériences illustrées par certaines des figures de cette étude ont porté, il convient donc de bien le préciser, sur les races locales suivantes Haut Jura pour le sapin, l'épicéa et le pin à crochets ; Alpes centrales françaises pour le pin noir et le mélèze ; Massif central pour le pin sylvestre ; moyenne Vallée de la Saône pour les chênes rouvre et pédonculé. Les chercheurs ne doivent, en tout cas, jamais perdre ces questions de vue.

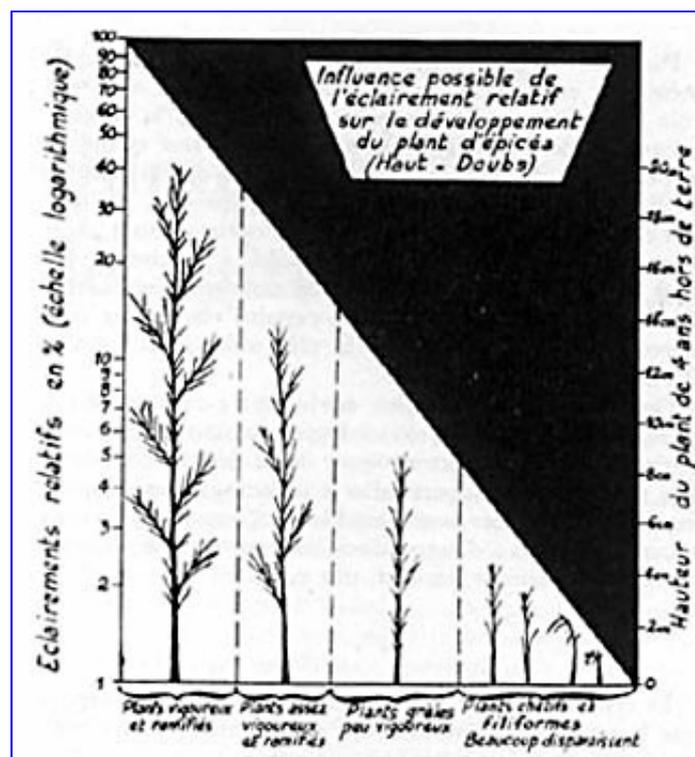


Fig. 9. - En pleine forêt, on observe une corrélation marquée entre le développement des épicéas âgés de 4 ans et l'éclairement relatif qu'ils ont reçu - Comparer avec l'effet peu marqué de la lumière sur des sapins de 2 ans (fig. 1) - (D'après ROUSSEL, 1948).

Une autre difficulté se présente au sujet des critères à adopter pour déterminer quelle est la lumière la plus favorable à la bonne croissance des diverses essences forestières. Il y a, certes, *un minimum absolu*, au-dessous duquel le jeune arbre ne peut pas vivre. Les substances hydrocarbonées, élaborées par la photosynthèse, ne seraient pas suffisantes pour remplacer celles qui sont brûlées par la respiration. D'une façon très générale, ces phénomènes ont été étudiés, pour l'épicéa et le pin cembro, par les chercheurs de l'Ecole d'Innsbruck (Pisek, Tranquillini et Winkler), grâce à l'ingénieux appareil URAS (Ultrarotabsorptionsschreiber) qu'il serait trop long de décrire ici.

D'un autre côté, pour les chênes rouvre et pédonculé, dans la moyenne vallée de la Saône, certaines observations récentes semblent montrer que, si la germination des glands se fait aussi bien sous un éclairement relatif de 3 pour 100 au sol qu'en plein découvert, dès le début de la seconde année de végétation, quand les réserves de la semence sont épuisées, les sujets qui ont bénéficié pendant un an d'un éclairement relatif inférieur à 4 pour 100 dépérissent et meurent. Sous 5 à 6 pour 100 ils se maintiennent encore pendant quelques années, assez peu vigoureux du reste. Le seuil de survie est ici très net, et cette limite ne prête guère à contestation (fig. 10 et 11).

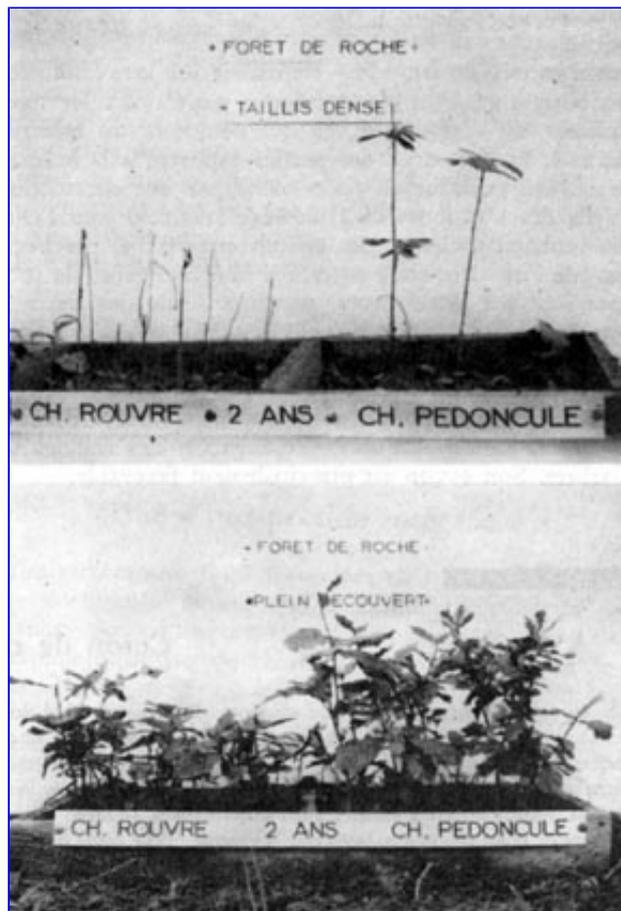


Fig. 10. - Effet de la lumière sur le développement du jeune chêne.

Bien que de dimensions différentes, les chênes rouvres et pédonculés restent vivants, sous des éclairagements relatifs variés, jusqu'à la fin de leur première année. Au cours de leur seconde année, ceux qui ont reçu moins de 4 p. 100 d'éclairement relatif dépérissent et meurent (en haut). Un peu au-dessus de 4 p. 100 ils se maintiennent assez bien, mais leur aspect est bien moins favorable que celui des chênes qui se sont développés, pendant leurs deux premières années, en plein découvert (photo du bas) (ROUSSEL, 1958)- (Photos BERNARD).

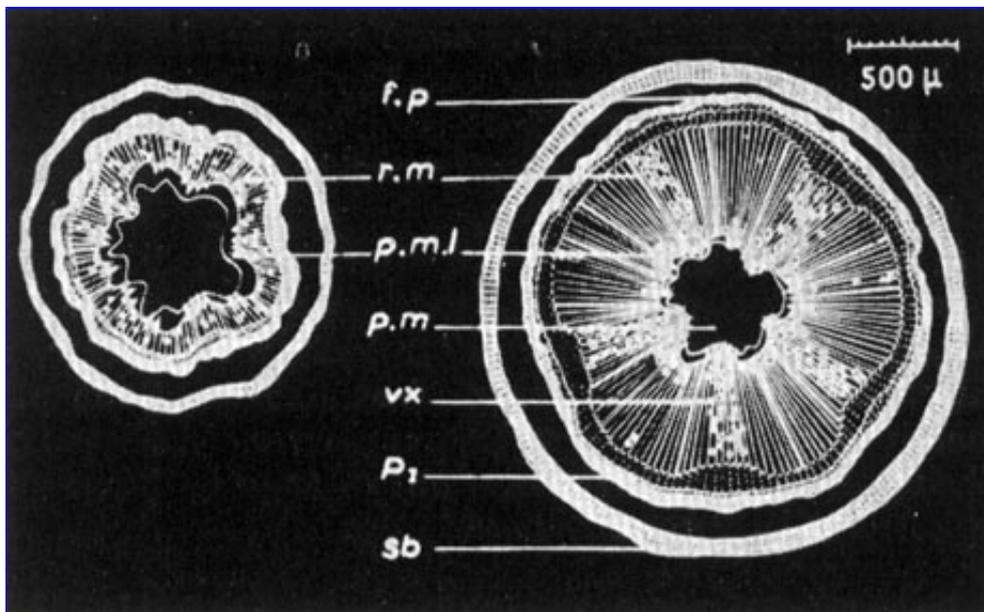


Fig. 11. - La tigelle du chêne pédonculé d'un an est d'autant mieux développée que le sujet a reçu un éclairage relatif plus élevé, et ceci jusqu'à 50 p. 100.

Coupes faites transversalement au milieu de la tige épicotylée. A gauche, éclairage relatif de 2 p.100, à droite de 50 p. 100. f.p., zone fibreuse ; r.m., rayons médullaires ; p.m.l., parenchyme médullaire lignifié ; p.m., parenchyme médullaire ; vx, vaisseaux ligneux ; P1, phloème ; sb, suber - (D'après A. TRONCHET et A. GRANDGIRARD, 1956).

Mais, dans la zone d'éclairage relatif supérieur, l'effet favorable de la lumière est, semble-t-il, plus complexe, et il est bien plus facile à mettre en évidence chez les résineux (le sapin et l'épicéa notamment) que chez les feuillus. Au bout de quelques années, sous une lumière de plus en plus élevée, les premiers offrent un aspect général de plus en plus florissant, leurs tiges et leurs racines se développent en parfait équilibre et, surtout, la longueur et le diamètre de leurs pousses annuelles s'accroissent de façon régulière. Chez les feuillus, par contre, surtout s'ils ont crû à l'état isolé, l'effet favorable de la majoration de la lumière, à partir d'un certain pourcentage (10 à 20 pour 100 par exemple), semble moins net. On peut tenter d'expliquer ce fait de la façon suivante :

L'éclairage croissant des appareils foliacés provoque, jusqu'à une limite élevée, chez les résineux comme chez les feuillus, une augmentation du rythme de leur activité photosynthétique et se présente indéniablement, de ce point de vue, comme favorable. Mais cet éclairage de plus en plus vif a souvent une action freinatrice certaine sur les phénomènes de croissance cellulaire, et en particulier sur l'élongation des pousses annuelles. L'une des preuves nettes de cet effet retardateur est le " phototropisme " observé chez de nombreux végétaux : les tiges s'inclinent du côté éclairé, ce qui démontre un ralentissement de la croissance des parties exposées à la lumière latérale. On explique ce phénomène par une destruction partielle des hormones de croissance (auxines) sous l'effet de la lumière. Or pour des raisons encore mal précisées, mais que l'on peut tout au moins imaginer (rôle de protection optique des écorces, nature spéciale des auxines, forte turgescence des pousses en élévation), certains résineux, le sapin et l'épicéa notamment, ne manifestent, dans la lumière latérale des sous-bois, aucun phototropisme. La lumière semble donc n'avoir aucune influence retardatrice sur la multiplication et l'élongation des cellules de ces arbres. Son action est principalement favorable.

Par contre les feuillus, le chêne ou le hêtre par exemple, présentent en lumière latérale un phototropisme net ; par voie de conséquences, on peut admettre que la lumière circumglobale vient freiner leur élévation, sauf quand ils se présentent à l'état de régénérations très denses, car les feuillages leur assurent, alors, un abri réciproque. En tout état de cause, les critères de croissance optimale sont, dans le cas des arbres feuillus, plus difficiles à préciser, et ce n'est que grâce à un nombre élevé de mensurations, portant sur des éléments nombreux, que certains chercheurs sont arrivés à mettre en évidence le rôle utile de la lumière (Vezina 1960).

On peut du reste très bien envisager l'extension de ces sortes d'études à la phytosociologie, ou science des associations végétales caractéristiques des différents sous-bois, à la pédologie, et en particulier à la biologie des sols, car les microorganismes sont sensibles à l'action des rayons solaires, ou bien à d'autres disciplines encore. Leur champ d'application semble, en effet, très vaste.

* *

Et cependant, il ne faudrait pas conclure de cet exposé que la photologie forestière est, actuellement, entrée pleinement dans la pratique des opérations culturales. Bien au contraire, très rares sont les forestiers qui, de nos jours, se fient aux indications précises d'un luxmètre ou d'un actinomètre. Il ne faut nullement s'en étonner. Toute technique nouvelle a besoin du temps pour s'élaborer et se confirmer. Mais on peut être assuré que celle que nous venons d'exposer, en raison du fait qu'elle ambitionne de substituer, à des termes vagues et généraux, des éléments chiffrés caractérisant parfaitement un facteur très important en matière sylvicole, gagnera peu à peu du terrain et se révélera, dans quelques années, un des auxiliaires indispensables des multiples activités du forestier.