

Dans ce numéro: L. ROUSSEL: Etat actuel de la photologie forestière. — J. BOSSAVY: Le problème des fumées industrielles dans les vallées forestières de Savoie. — Y. BLUTEL: Les applications très pratiques du relascope de Bitterlich. — J. DEBREYNE: La protection de la faune. A propos d'ours.

ETAT ACTUEL DE LA PHOTOLOGIE FORESTIÈRE

PAR

L. ROUSSEL

Conservateur des Eaux et Forêts à Vesoul

On peut désigner sous le nom de « photologie forestière », l'étude systématique de la répartition de la lumière dans le milieu forestier, ainsi que celle de l'influence de ce facteur sur la croissance des végétaux, ligneux surtout, qui se trouvent dans les sous-bois. Le radical « photos » comme, du reste, le terme de « lumière » est employé ici dans le sens très général de radiation solaire, directe et diffusée par le ciel pur ou nuageux. Pourquoi a-t-il semblé nécessaire d'apporter une attention spéciale au facteur lumière, alors que très nombreux sont les éléments naturels qui varient à l'intérieur d'un peuplement forestier, et que multiples également sont leurs influences sur l'installation et le développement des jeunes arbres ? Pourquoi, au surplus, créer un mot nouveau, alors que l'abondance des néologismes a été à juste titre, critiquée, et qu'à première vue, la photologie forestière ne fait que rassembler, en une seule discipline, des études d'écologie et de physiologie végétale ? C'est ce que nous allons tenter de justifier.

Si l'on considère une formation végétale utilisée en agriculture, un champ de betteraves, par exemple, l'ensemble des appareils foliacés qui la constitue se trouve situé approximativement dans un plan unique qui perçoit la totalité de la lumière disponible dans la station envisagée, avec ses caractéristiques et son photopériodisme propres. L'étude du facteur lumière, et de son influence, est ici, plutôt spéculative, du moins actuellement, et l'agronome se trouve dans une attitude passive à son égard — alors qu'il ne l'est pas vis-à-vis des caractères physiques et chimiques du sol, par exemple.

En matière forestière, par contre, la formation végétale intéressante, le massif boisé, comporte plusieurs étages ; un étage supérieur d'abord, qui se trouve dans la situation des appareils foliacés men-

tionnés ci-dessus, et qui baigne dans la totalité de la lumière de la station où elle se trouve établie. Mais, sous cet étage dominant, on rencontre souvent un étage subdominant, un étage intermédiaire, et un ou plusieurs étages dominés, qui sont placés dans des microclimats très différents entre eux. Les températures moyennes et extrêmes, la vitesse et la composition de l'air, son état hygrométrique, l'importance des précipitations, l'état électrique notamment, y varient dans des proportions non négligeables. Mais c'est surtout la quantité de lumière — ou de radiation — disponible à ces divers étages, qui subit les plus fortes modifications, et il n'est pas rare de trouver, au sol, des valeurs qui représentent parfois 1 à 2 % à peine, du plein découvert. Or, c'est dans l'étage inférieur que se trouvent souvent, de très jeunes sujets des essences économiquement les plus intéressantes : en France, le sapin, l'épicéa, les pins et les chênes divers, le hêtre, etc..., sans compter les multiples « exotiques » utilisés de plus en plus fréquemment pour l'enrichissement des forêts pauvres. Il importe qu'ils se développent rapidement de la façon la plus favorable. Les variations des conditions de lumière des sous-bois, naturelles dans les forêts vierges, ou dirigées par le forestier (grâce aux coupes) dans les massifs traités rationnellement, revêtent donc une importance considérable. Si l'on considère au surplus que la forêt mondiale recouvre actuellement près de 4.400 000.000 hectares (Annuaire Statistique F.A.O. 1960), soit près du tiers de l'ensemble des terres émergées, on réalise à quelle gigantesque échelle peuvent intervenir les questions de photologie forestière.

Par ailleurs, pour que les observations effectuées puissent entraîner des conséquences pratiques, il est indispensable que les mesures de lumière soient rattachées à la situation, et à la nature des peuplements forestiers étudiés. Il ne sert à rien, par exemple, de dire que l'on a trouvé sous un peuplement de conifères une lumière relative de l'ordre de 4 %, si l'on ne dit pas, en même temps, où est situé ce peuplement, quels sont les arbres qui le composent, quel est leur âge, leur nombre à l'hectare, leur volume moyen, et quelles sont les opérations dirigées ou les accidents naturels qui l'on conduit à son état actuel.

Il faut aussi que l'on puisse déterminer aussi exactement que possible de quelle façon, dans un tel peuplement, des espèces ligneuses ont pu s'installer — quel est leur développement selon leur âge, et quels critères, morphologiques, physiologiques, ou anatomiques, permettent de déterminer les conditions qui leur sont les plus favorables. Les études d'écologie et de physiologie sont donc, ici, liées à des considérations de technique forestière, et, pour être susceptibles d'applications pratiques, doivent être effectuées par des spécialistes ou en liaison avec eux.

Elles présentent, au surplus, incontestablement une sorte d'unité qui justifie à notre sens, leur réunion dans une discipline unique.

Le problème envisagé dans son ensemble, est évidemment très complexe, et c'est en le simplifiant, dans toute la mesure du possible, que nous allons tenter de l'exposer.

1° Répartition de la lumière dans le milieu forestier

Il est bien évident que l'on ne peut traiter de la répartition de la lumière dans le milieu forestier qu'après avoir envisagé, très rapidement du reste, la façon dont se présente l'éclairement d'une station située en plein découvert, dans la moitié nord de la France par exemple, et dans les régions voisines. Cet éclairement est produit, d'une part, par le ciel pur ou nuageux, qui prodigue, en tous sens, ses rayons de lumière diffuse, et par le soleil, qui agit comme une source supplémentaire mobile et intermittente de lumière à direction privilégiée. Selon plusieurs auteurs à la compétence incontestée (FABRY 1927 — MAURAIN 1937), l'éclairement peut être en plein air, dans un lieu découvert, sans soleil, de 1 000 Lux à peine pour s'accroître jusqu'à 100 000 Lux, en plein soleil, vers midi. Ceci, du moins, à une altitude faible, car TURNER (1958) a trouvé dans les Hautes-Alpes Autrichiennes, des éclaircissements qui peuvent atteindre au moins 130 000 Lux, dans certaines conditions. Par temps couvert, la totalité de la lumière provient, évidemment, du ciel. Par temps ensoleillé des mesures de très longue durée, effectuées aux Etats-Unis cette fois, par KIMBALL (1924), indiquent que 75 % environ de la lumière provient du soleil, et 25 % environ du ciel seul.

Si l'on considère la radiation globale naturelle maintenant (ensemble des rayons visibles ou non émis par le ciel et par le soleil), on peut dire que, dans nos régions, un centimètre carré de plaine reçoit environ 100 000 petites calories par an. Là-dessus, divers expérimentateurs (BLACKWELL à Londres, en 1954 — STEINHAUSER-ECKEL et SAUBERER à Vienne, en 1955), font ressortir que, dans le courant d'une année entière, le rayonnement solaire direct représente environ 50 %, et le rayonnement diffusé du ciel environ 50 % du rayonnement global.

Ces simples considérations permettent de comprendre la complexité du phénomène de la répartition de la lumière dans les sous-bois, puisque ses rayons, tombant sur une surface boisée, sont partiellement renvoyés par les cimes, partiellement absorbées par elles, et partiellement, enfin, filtrés ou transmis par les interstices du couvert, dans les étages inférieurs où ils se diffusent et se réfléchissent, pour créer les conditions changeantes et diverses de la lumière sylvestre.

On conçoit, dans ces conditions, qu'une étude théorique du phénomène est très laborieuse. Elle peut être cependant traitée de façon approchée, grâce à des considérations de photométrie et d'astrométrie, et en utilisant surtout des méthodes graphiques, pour des stations situées derrière des écrans divers — donc, dans des trouées créant des irrégularités marquées et facilement caractérisables dans le couvert continu des cimes. C'est ce qu'ont tenté de faire PERS (1937), RIBLET (1952), ROUSSEL (1953) et, plus récemment MONNET (1958). Voici, par exemple, la façon dont la radiation naturelle peut se répartir, pour l'ensemble d'une année, dans une trouée circulaire d'un diamètre égal au double de la hauteur des grands arbres voisins, sur un sol plat, et à une latitude de 45°, par rapport au plein découvert.

Centre : 45 % — Bord nord (exposé au sud) : 36 % — Bord sud (exposé au nord) : 13 % — Bords est et ouest : 22 %.

On réalise ainsi la différence considérable entre les radiations reçues dans les divers points d'une grande trouée forestière, selon les expositions considérées.

Mais sous bois, le problème se présente d'une façon infiniment plus compliquée, et l'étude théorique, à peu près impossible, doit céder le pas à la mesure directe de la lumière, ou de la radiation reçue pendant une année complète, ou bien pendant une seule saison de végétation active, dans une station forestière déterminée. Quels appareils utiliser alors ?

Les instruments dont on dispose actuellement, en ce domaine, sont très nombreux, et J. TERRIEN (La Nature, 1953-1954), en a donné, récemment, une excellente classification. Il semble donc que les photologues forestiers disposeraient d'une large gamme d'appareils dans lesquels ils n'auraient, en quelque sorte, que l'embarras du choix. En réalité, les photomètres ou actinomètres forestiers vraiment satisfaisants sont en nombre réduit, car il faut qu'ils présentent un certain nombre de caractéristiques bien spéciales, dont voici les principales : ils doivent être légers et robustes, afin de permettre leur transport et leur installation dans des régions forestières parfois peu accessibles, avec tous les risques de destruction que leur présence en pleine nature comporte — leur prix doit être modique, surtout pour les appareils devant fonctionner en station pendant plusieurs mois, ou même plusieurs années (l'étude d'une seule espèce forestière peut nécessiter alors l'emploi simultané de 8 à 10 actinomètres) — il faut qu'ils soient, si possible, autonomes, car il est souvent difficile de disposer, à plusieurs kilomètres de tout lieu habité, d'une source accessoire de courant électrique, d'un usage si répandu, cependant, pour alimenter les instruments de ce genre — leur échelle de sensibilité doit être très étendue, car, dans une très

grande trouée naturelle, l'intensité de la lumière peut varier, suivant le type de temps et la microstation, de 10 à 20 lux jusqu'à 80 ou 100 000 lux. Ils peuvent être à lecture directe, mais, pour les raisons exposées, il est souvent utile qu'ils soient enregistreurs ou totalisateurs. En face de toutes ces exigences, la précision peut ne pas être extrêmement poussée, mais l'erreur relative devrait, cependant, être inférieure à $\pm 5 \%$.

Pour toutes ces raisons, on utilise, surtout, deux types principaux d'appareils :

a) *des récepteurs quantiques du type photopile*, munis d'écrans gris neutres (ou sélectifs du genre Kodak Wratten n° 34, pour enregistrer plutôt les rayons actifs sur la photosynthèse), et employés en lecture instantanée répétée. Il résulte de nombreux essais (NÄEGELI 1940 - ROUSSEL 1953 - VEZINA 1960) que les données les plus constantes sont obtenues quand l'on opère *par temps couvert bien égal*. Par temps ensoleillé, la présence de taches mobiles de soleil dans les sous-bois rend l'emploi des photopiles bien plus délicat. Les chiffres relevés sont exprimés en général en pourcentage de la lumière reçue dans une station déterminée par rapport au plein découvert. Cette donnée s'appelle l'éclairement relatif ou la lumière relative. Il convient de signaler à ce propos un original procédé totalisateur mis au point à Edimbourg (FAIRBAIRN et CONNOR 1958) : la cellule photoélectrique est couplée à un voltamètre composé de deux plaques d'argent baignant dans une solution de nitrate d'argent. Du poids d'argent transféré à la cathode, pendant un temps donné, on déduit la quantité de lumière reçue, au total, par la cellule. Il existe aussi des procédés d'enregistrement continu, assez coûteux, du reste. La photopile enregistre les rayons compris entre $0 \mu 4$ et $0 \mu 8$ environ.

b) *des récepteurs thermiques*, de modèles très variés (GORSZYNSKI - ROBITZSCH - LINKE, etc...). Il est commode d'employer en forêt, de simples actinomètres à distillation de BELLANI, car ils sont totalisateurs, et leur précision va de $\pm 10 \%$, pour les appareils blancs, à $\pm 5 \%$ pour les appareils bleus, et même jusqu'à $\pm 3 \%$ pour le modèle perfectionné construit actuellement par l'Observatoire de Météorologie Physique de Davos (P B K de COURVOISIER et WIERZEJEWSKI - 1954). Ceci, à condition de considérer une période d'observation assez longue. Les actinomètres de BELLANI enregistrent les radiations circumglobales qui atteignent l'appareil, dans des longueurs d'ondes qui vont de $0 \mu 3$ à 3μ . Ces appareils ont été employés en forêt par OUDIN (1931), ROUSSEL (1953) et VEZINA (1960). Bien entendu, les chiffres ainsi obtenus ont une valeur plus grande que ceux que donnent les photopiles à lecture instantanée, même répétée de

nombreuses fois. Ils sont exprimés, en général, en pourcentage de radiation reçue par rapport au plein découvert ou radiation relative.

*
**

Quels sont les principaux résultats enregistrés à la suite de ces mesures ?

Pour les peuplements de conifères à aiguilles persistantes (sapins, épicéas, pins divers), on trouve que le couvert agit comme une grille, de structure assez stable du reste, avec cependant une légère augmentation de l'opacité pendant la période de végétation active (NAEGELI 1940), mais qui, en somme, réduit de façon assez constante la lumière dans le sous-bois sans modifier beaucoup sa composition. Il a été proposé (ROUSSEL 1948), pour les peuplements de sapin et d'épicéa du Jura français, une formule simple qui relie la lumière relative qui règne, au sol, dans un massif à l'état stable, au nombre des tiges qui le composent :

$$E_r = \frac{K}{K + N}, \text{ dans laquelle } K \text{ est une constante variant avec}$$

l'espèce d'arbre considéré (20 pour l'épicéa), et N le nombre de tiges par hectare. Ainsi, pour un peuplement qui comporte 500 tiges par hectare moyen, l'éclaircissement relatif est de l'ordre de 4 % par rapport au plein découvert. Avec 2 000 tiges, il n'est que de 1 %. Cette relation est, évidemment, assez approximative.

Pour les forêts feuillues, de chênes rouvres ou pédonculés, ou bien de hêtres, par exemple, on note une double modification de la lumière relative. D'abord, évidemment, en quantité puisque ces arbres, perdant leur feuillage en hiver, ont des cimes bien moins opaques que pendant la saison de végétation. On a observé, en hiver, des valeurs de l'ordre de 70 à 80 % (QUANTIN 1935), alors qu'en été, on enregistre seulement 2 à 3 % du plein découvert. D'un autre côté, il est à présumer que les feuilles, plus ou moins transparentes, et de couleur verte, absorbent de façon sélective les radiations rouges et bleues, et que la lumière des sous-bois se trouve ainsi modifiée, en composition. C'est ce que l'on a pu observer, grâce à un spectrophotomètre à source lumineuse constante (KNUCHEL 1914) qui révèle la prédominance des rayons jaunes et verts dans la lumière qui vient des cimes. Les feuillages, surtout jeunes, et au printemps, agissent donc plutôt comme des filtres colorés. En général, cependant, cette modification de la lumière verticale n'entraîne pas un changement très marqué de l'ensemble des rayons lumineux

reçus au sol dans les sous-bois feuillus : ceci en raison de l'importance de la lumière qui passe, directement, à travers les interstices du couvert, ou bien qui est réfléchi par les écorces.

Quelques observations ont aussi été effectuées afin de déterminer les variations verticales de l'intensité de la lumière en forêt. Faciles dans les peuplements bas, grâce à des perches d'aluminium ou de bambou supportant des photopiles, elles sont délicates évidemment dans des futaies de 30 à 40 mètres de hauteur totale.

Il existe peu de mesures faites pour mettre en évidence l'apport de lumière réalisé par des coupes d'intensité donnée, au niveau inférieur des sous-bois, et les chiffres obtenus seraient, évidemment, des plus intéressants.

Signalons, à titre de simple exemple, que l'on peut noter les variations suivantes :

— Dans une plantation d'épicéas âgée d'environ 60 ans, dense et régulière (960 tiges et 360 mètres cubes par hectare), l'éclaircissement relatif est un peu supérieur à 2 %. Une coupe « d'éclaircie », portant sur les seuls bois dominés, et réalisant environ 8 % du volume existant, fait passer l'éclaircissement relatif moyen à 4 % environ. Le chiffre antérieur a été à peu près doublé.

— Dans une futaie de sapins, âgée d'environ 80 ans, assez dense et régulière (625 tiges et 427 mètres cubes par hectare), l'éclaircissement relatif est de l'ordre de 3 à 4 %. Pour mettre en lumière de jeunes épicéas (installés là par suite d'un phénomène d'alternance assez fréquent dans le Haut Jura), une coupe « de régénération » réalisant 23 % du matériel a été marquée et exploitée. Immédiatement après, l'éclaircissement relatif passe à 18 % et a donc été plus que quadruplé.

— Un taillis-sous-futaie 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 la période de végétation active, qu'un éclaircissement relatif de 3 %. De jeunes sapins sont à y planter, et il faut, dès le départ, leur apporter un peu de lumière. Une coupe « d'abri » est assise; elle ne laisse plus que 1 200 brins et 200 petits arbres par hectare, soit 1 400 tiges. Après son exploitation, l'éclaircissement relatif passe à 18/20 % et se trouve donc au moins sextuplé.

Bien entendu, ces modifications de l'état lumineux ne sont pas définitives : le couvert se referme plus ou moins rapidement, suivant l'âge et la nature des peuplements ainsi ouverts, et l'état lumineux s'établit autour d'une valeur légèrement supérieure à celle qui régnait précédemment. Dans un massif boisé soumis à des coupes successives, la variation de l'éclaircissement relatif au sol peut être re-

présentée par une courbe en « dents de scie », chaque « cran » étant légèrement décalé, vers le haut, par rapport au cran antérieur.

2° Influence de la lumière sur la végétation

Une remarque préliminaire s'impose, si l'on veut essayer de déceler l'effet de la lumière et de sa variation, sur la végétation ligneuse, semi-ligneuse ou herbacée des sous-bois. Les botanistes forestiers les plus riches d'expérience en génétique (GUINIER, en premier lieu, puis ROL et BOUVAREL) ont insisté, à de très nombreuses reprises, sur l'importance des races locales, des « écotypes », et sur leurs réactions diverses aux variations du microclimat lumineux dans lequel elles se développent.

Citons, à titre de simple illustration de cette idée, les observations de GIACOBBE (1956) : le jeune sapin pectiné, et le jeune hêtre, dans les Vosges et le Jura, se développent bien dans une lumière réduite et présentent un caractère assez marqué d'essence d'ombre. Ce caractère s'atténue, du reste, avec l'âge des sujets. Mais, dans le Sud de la France, dans les Apennins et en Sicile, les mêmes espèces forestières se comportent comme des essences de demi-lumière, ou même de pleine lumière, et ne se développent bien que dans des trouées assez largement éclairées.

Il est donc bon de préciser que les expériences les plus détaillées que nous relatons plus loin, portent sur les écotypes suivants :

— Sapin pectiné (*Abies pectinata* D.C.) — Race du Jura Français - Haut Doubs.

— Epicéa (*Picea excelsa* Link.) — Race du Jura Français - Haut Doubs.

— Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond) — Race du Jura Français - Haut Doubs.

— Pin noir d'Autriche (*Pinus laricio* var. *austriaca* Endl.) — Plantations des Alpes centrales françaises.

— Pin sylvestre (*Pinus silvestris* L.) — Race du Massif central - région nord.

— Mélèze d'Europe (*Larix Europa* Link.) — Race des Alpes centrales françaises.

— Chêne rouvre (*Quercus sessiliflora* Salisb.) — Race de la vallée moyenne de la Saône.

— Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata* Ehrh.) — Race de la vallée moyenne de la Saône.

Pour les observations de P.E. VEZINA, que nous citerons également, les écotypes sont les suivants :

— Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) — Race de la région de Zurich - Suisse.

— Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) — Race de la région de Zurich - Suisse.

*

**

L'installation des conifères et des feuillus semble se faire normalement sous les éclaircissements relatifs naturels les plus bas ; leur germination, en effet, ne paraît pas liée aux conditions lumineuses de la station où les graines tombent. Mais, très vite, les exigences en lumière se manifestent de façon différente selon les espèces, ceci pour la raison principale suivante :

Il existe une sorte d'opposition constante entre l'effet positif de la radiation naturelle (la lumière visible qui conditionne la photosynthèse) et l'effet négatif de la même radiation (la chaleur qui agit de façon efficace pour augmenter les échanges respiratoires, lesquels réutilisent une partie des matières élaborées). Ces phénomènes ont été étudiés avec précision par l'Ecole d'Innsbruck (PISEK - TRANQUILLINI et WINKLER, de 1952 à 1960) grâce à l'ingénieur appareil URAS ou Ultrarotabsorptionsschreiber, dont la description sortirait du cadre restreint que nous nous sommes fixé ici. En plein découvert, dans la journée, le bilan photosynthétique (l'assimilation chlorophyllienne diminuée de la respiration) est toujours positif, à condition qu'il ne règne pas une chaleur ou un froid excessifs. Mais sous bois, il arrive, quand le peuplement supérieur est très dense, que la lumière ne soit plus suffisante pour que les gains compensent les pertes. On se trouve alors au-dessous du point de compensation, qui varie naturellement suivant les espèces. Il est classique de distinguer à ce sujet des essences d'ombre qui arrivent à se construire sous un éclaircissement relatif réduit, des essences de demi-ombre, de demi-lumière, et de pleine lumière enfin, lesquelles réclament très rapidement un découvert presque total. Sur ce point, du reste, conifères et feuillus présentent bien des types de réactions analogues.

Mais, à côté de ces effets généraux, les expérimentateurs ont remarqué depuis longtemps que les réactions favorables à un accroissement de la lumière sont bien plus faciles à mettre en évidence pour les résineux que pour les feuillus. C'est ainsi que GAST (1930) enregistrerait déjà, pour le pin Weymouth, une relation nette entre l'éclaircissement relatif et la longueur de la pousse annuelle. SHIRLEY (1932) faisait les mêmes remarques pour les pins Weymouth, rouge, et de Banks. BJÖRKMAN (1945) relevait une liaison analogue pour le pin sylvestre. Nous l'avons également observée de façon constante pour le sapin pectiné ou l'épicéa âgé de quelques années. Chez les feuillus, par contre, les réactions sont plus

difficiles à mettre en évidence, surtout si l'on s'adresse à des sujets développés dans un état semi-isolé. Comment expliquer ces différences de comportement?

Il semble que l'on pourrait remarquer, d'abord, que plusieurs résineux (les sapins et les épicéas très certainement) ne manifestent aucun phototropisme dans les sous-bois: l'effet de la lumière latérale semble absolument nul et il est logique de penser que, pour certaines raisons (turgescence très forte des jeunes pousses, rôle de protection optique des écorces, nature spéciale des auxines des conifères), la lumière circumglobale du plein découvert n'a aucun effet retardateur sur l'élongation de ces jeunes arbres. Chez les feuillus par contre (les chênes rouvres et pédonculés, les hêtres), le phototropisme est net, et il peut être très facilement mis en évidence dans des cases de végétation à seul éclairage latéral. La lumière circumglobale doit agir sur l'élongation des sujets en freinant les phénomènes de croissance (auxesis et meresis); elle a donc un effet retardateur sur leur développement, qui vient contrecarrer partiellement l'action utile de la même lumière sur la marche de la photosynthèse, donc sur le métabolisme en général. L'action négative de l'insolation est moins marquée dans le cas des régénérations très denses, car les pousses en éloration sont protégées réciproquement par les feuillages des jeunes arbres voisins. On peut du moins le penser, pour des renaissances feuillues naturelles qui atteignent une densité de 3 à 400.000 tiges par hectare au moins.

Enfin, d'une façon générale, il est utile de distinguer, du point de vue de la technique forestière, le minimum absolu de lumière, au-dessous duquel la survie pendant les premières années est impossible — le minimum pratique de lumière, plus élevé que le précédent et qui laisse aux jeunes sujets des sous-bois une possibilité de récupération rapide et vigoureuse lors de leur mise en lumière. — l'optimum de lumière, qui correspond à la croissance la plus favorable — tous ces éléments variant, bien entendu, avec les caractères généraux de la station, l'âge, l'espèce et la race des arbres étudiés.

a) *Action de la lumière sur les jeunes conifères.*

Les conifères que nous avons étudiés conservent, en général, leurs aiguilles pendant toute l'année (à l'exception du mélèze). Ils jouissent (PISEK, TRANQUILLINI et WINKLER déjà cités) d'une large faculté d'absorber, en toute saison, le gaz carbonique de l'air, à condition de disposer d'une lumière suffisante, et dans certaines limites de température. Leur comportement est donc différent sous des peuplements résineux (couvert assez égal pendant toute l'année) et sous des peuplements feuillus (couvert réduit à l'automne, en hiver et au premier printemps). Les expériences effectuées ont eu lieu

sous des peuplements résineux du Haut Doubs. Les chiffres d'éclairément relatif donnés sont donc valables, à peu de chose près, pendant la seule saison de végétation, ou pendant l'année entière (1).

Après une germination assez égale sous tous les éclairéments relatifs, les sujets de sapin, d'épicéa, de pins divers et de mélèze, installés en caissettes de végétation à sol identique, se comportent de la façon suivante :

— Sous 1 %, seuls les sapins pectinés persistent, assez déficients, pendant 2 ou 3 ans.

— Sous 3 %, les sapins pectinés se maintiennent, assez beaux ; les épicéas persistent, en mauvais état général, pendant quelques années — toutes les autres espèces disparaissent presque immédiatement.

— Sous 6 %, les sapins et épicéas de quelques années sont assez beaux — les pins et le mélèze, après avoir persisté une année, disparaissent.

— Sous 12 %, les sapins, épicéas, pins et mélèzes se maintiennent assez bien quelques années, mais leur état de végétation est très variable selon les espèces.

— Sous 36 %, même constatation que ci-dessus, seuls les mélèzes sont encore très déficients.

— Sous 100 % (plein découvert), toutes les espèces sont dans un bon état de végétation, mais le sapin n'a pas un développement apparent bien plus satisfaisant que sous 6 % d'éclairément relatif.

Les besoins en lumière semblent cependant augmenter avec l'âge. Les sapins de 15 à 20 ans réagissent à une majoration de l'éclairément relatif jusque vers 20 à 25 %, les épicéas jusque vers 40 à 50 %. Les jeunes pins semblent sensibles à cet accroissement de la lumière, jusqu'à 60 ou 80 %, et les jeunes mélèzes paraissent bien réclamer très vite une totale insolation. Ces indications sont, actuellement, encore assez approximatives.

Par la suite, on manque de données expérimentales bien précises ; mais l'on peut penser que les conifères adultes demandent tous le plein découvert.

b) *Action de la lumière sur les jeunes feuillus*

Dans la moyenne vallée de la Saône et dans les régions voisines, les jeunes chênes, rouvre et pédonculé, ont germé parfaitement, en case de végétation, sous les conditions de lumière les plus variées et se sont bien maintenus la première année ; toutefois, une analyse

(1) Bien que dans ces expériences, nous ayons employé principalement, pendant plusieurs années, des actinomètres de Bellani, nous ne parlerons ici que « d'éclairément relatif », par mesure de simplification.

histométrique poussée (mise au point à l'Institut Botanique de Besançon), met en évidence la déficience générale des sujets ayant crû sous 2 % d'éclairement relatif, en été, par rapport à ceux qui ont bénéficié d'un éclairement relatif de 50 % (PLAISANCE 1955 - TRONCHET et GRANDGIRARD 1956).

Dès le début de la seconde année, les choses changent. Obligés de se construire eux-mêmes, les réserves des glands étant épuisées en grande partie, les chênes situés sous 3,5 % d'éclairement relatif en été (taillis-sous-futaie dense) dépérissent rapidement, alors que ceux qui ont crû sous 4,5 % d'éclairement relatif (taillis-sous-futaie un peu plus clair), persistent encore, grêles et étiolés, pendant quelques années. Le seuil de survie des jeunes chênes, dès la première année de leur développement — et qui correspond sans doute au point de compensation, paraît donc se situer, d'après ces expériences, autour de 4 % d'éclairement relatif au sol (ROUSSEL 1958 - GIBOUDEAU et GOGUELY 1958). Le minimum pratique est cependant plus élevé et paraît se placer, dans les premières années, aux environs de 10 %.

Par la suite, il semble que jusqu'à *au moins* 50 à 60 % d'éclairement relatif, les jeunes chênes rouvres et pédonculés, tirent profit d'un accroissement de la lumière, surtout s'ils sont à l'état de régénérations denses et serrées.

Le frêne et le hêtre, en serres conditionnées ou en fourrés naturels, présentent de façon marquée pour le premier, de façon moins nette pour le second, une réaction favorable à la majoration du climat lumineux (VEZINA 1960). Cet auteur a observé notamment, dans des régénérations denses, que l'augmentation de la lumière relative, jusque vers 50 %, entraîne une majoration du nombre des tiges, le déplacement des classes de hauteur vers les chiffres les plus élevés, l'accroissement net de la vitalité des sujets, ainsi que de leur vitesse de croissance. A l'inverse, il note l'absence de protection des jeunes arbres installés dans les trouées contre les gelées printanières. Ces résultats portent sur plusieurs milliers de sujets et sont des plus significatifs.

Enfin, comme les conifères, les feuillus adultes ne doivent bien prospérer qu'en pleine lumière.

c) *Action de la lumière sur les végétaux semi-ligneux et herbacés.*

Les forestiers s'intéressent, naturellement, surtout aux jeunes arbres; cependant, pour caractériser la station, ils ont également besoin de procéder à des relevés botaniques nombreux. Les phytosociologues étudient, on le sait, de très près la composition floristique du manteau végétal des lieux qu'ils prospectent. Or, cette composition est, indépendamment de l'influence des divers autres fac-

teurs, liée étroitement au microclimat lumineux. A titre de simple exemple, signalons que dans une station bien déterminée du Haut Doubs, nous avons trouvé, sous 4 % d'éclairement relatif, 4 espèces arbustives et 11 espèces herbacées. A quelques mètres de là, sous 8 % d'éclairement relatif, le nombre des espèces arbustives passe à 5 et celui des espèces herbacées à 18. Un peu plus loin, sous 21 % d'éclairement relatif, on compte 7 espèces arbustives et 28 espèces herbacées. Leur état de végétation varie également sensiblement : sous 4 % d'éclairement relatif, au début de juillet, la dentaire a des siliques vertes et l'épervière seulement quelques fleurs. Sous 21 %, à la même époque, les siliques de la dentaire sont violettes, et l'épervière a fructifié abondamment. Le facteur lumière intervient donc ici également, et il importe de ne pas le négliger. Les partisans, plus ou moins fidèles, des théories de LYSSENKO admettront, sans aucune difficulté, cette opinion...



Nous ne pensons certainement pas, en ces quelques lignes, avoir donné une idée complète des multiples travaux de ce genre qui, effectués par des chercheurs venant des horizons les plus divers, se présentent actuellement dans un état semi-entropique, auquel nous nous sommes efforcé, ici, d'apporter quelque ordre et une certaine logique de présentation (2). Nous n'avons pu, du reste, souligner comme il l'aurait fallu, les très nombreuses lacunes que présentent encore, entre elles, ces études, non plus que leurs quelques contradictions, et les impasses dans lesquelles les spécialistes de photologie forestière se trouvent, parfois engagés. On conçoit dans ces conditions que cette discipline nouvelle, en pleine élaboration, ne soit pas encore entrée dans la pratique courante des opérations culturelles.

Et cependant, son but étant de passer, progressivement, de l'appréciation purement qualitative, outil actuel en cette matière des techniciens forestiers, à la détermination quantitative d'un certain nombre d'éléments importants pour la pratique de leur art, il est raisonnable de penser que les recherches effectuées, ou actuellement en cours, apporteront dans ce domaine des précisions intéressantes sur certains aspects des sciences sylvicoles.

(2) La grande majorité des travaux cités a été publiée ou analysée dans : — Les Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts, la Revue Forestière Française, le Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté, la Revue du Bois et les Annales Scientifiques de l'Université de Besançon depuis 1948.
