

Chronique

par L. ROUSSEL

En 1978, le C. E. N. E. C. A. avait organisé à Paris, sur le thème « la forêt dans le monde », un Colloque International qui a eu un réel succès (près de 700 participants étaient inscrits), et la Revue « Bois et Forêts des Tropiques », n° 181, en a donné une pertinente analyse ; en 1979, le même C. E. N. E. C. A. a organisé un autre Colloque International sur le sujet « mise en œuvre rationnelle des facteurs de production agricole » dont il serait peut-être utile d'examiner en détail certaines des communications, car, dans diverses régions du monde, l'agriculture et la sylviculture sont étroitement imbriquées. Mais ceci entraînerait à des développements exagérés. On relèvera pourtant une seule communication, assez théorique, de R. LANNOYE, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, sur « l'agriculture et la contrainte énergétique », car elle laisse entrevoir des perspectives très intéressantes [1].

On sait que la production végétale (agricole et forestière), résulte d'une sorte de bilan entre les quantités de substances élaborées par la photosynthèse, et celles, partiellement réoxydées, dont le produit (le dioxyde de carbone) est rejeté par la respiration ; lors du Colloque de 1978, on avait par exemple, signalé que dans les régions méditerranéennes, la forêt de chêne vert présente un bilan positif (photosynthèse moins respiration) pour l'ensemble de l'année, mais que pendant les mois d'été, ce bilan devient momentanément négatif, et que la perte saisonnière des feuillages souvent observée dans les régions à saison chaude et sèche, aboutissait, en définitive, à une majoration de la quantité totale de matière stockée dans le courant de l'année. Il est donc normal de tenter de réduire l'import-

tance des phénomènes respiratoires (considérés comme parfois excessifs) et certains auteurs soviétiques (DADYKIN, par exemple) travaillent dans cette direction. R. LANNOYE s'attache à l'examen du même problème, spécialement gênant chez les plantes en C_3 (chez lesquelles le premier produit élaboré par la photosynthèse est un phosphoglycérate à 3 atomes de carbone, et qui comprend la quasi-totalité des arbres forestiers ; du moins c'est ce que l'on sait actuellement). En effet, ces végétaux, outre leur respiration permanente à l'obscurité, peuvent, à la lumière, manifester une respiration supplémentaire très active, dite « photorespiration », et qui vient réutiliser une partie parfois très importante des matières élaborées par la photosynthèse (on a cité, dans certains cas, le chiffre de 50 %). On connaît assez bien maintenant les mécanismes de cette photorespiration, et le rôle joué par un système d'enzymes bien précis : la ribulose biphosphate carboxylase, dont il devrait être possible de régulariser le fonctionnement ; il est à noter que, chez les plantes en C_4 (le premier produit élaboré est ici un oxalate, à 4 atomes de carbone (voir *B. F. T.*, n°s 168-169) la photorespiration est très réduite, et donc que le bilan final (photosynthèse, moins les diverses respirations) se présente d'une manière bien plus favorable : en fait, ces végétaux, assez peu nombreux, ont, en conditions identiques, une productivité 2 fois plus élevée que celle des plantes en C_3 . Tout ceci semble bien s'accorder avec l'idée qu'une réduction, même partielle, de la photorespiration n'est nullement utopique, et qu'elle aboutirait à une majoration de la production, agricole et forestière.

* * *

Dans la rubrique des grands Congrès Internationaux, il convient de signaler celui de Photobiologie qui sera organisé, pour la première fois en France, à Strasbourg, en 1980 ; le lecteur qui a bien voulu, plus ou moins régulièrement, suivre les divers articles publiés dans cette revue, dans lesquels ces questions ont été évoquées, comprendra l'importance de cette réunion. C'est en 1953 qu'a eu lieu, à Amsterdam, le premier des Congrès de Photobiologie, et depuis, tous les 3 ou 4 ans, dans l'ancien et dans le nouveau monde, les spécialistes de cette discipline se sont réunis pour échanger des idées, exposer les résultats de leurs travaux, et comparer les modèles théoriques proposés aux faits observés dans la réalité. Mais, pendant longtemps on n'avait pu trouver en France un groupe assez important de scientifiques s'intéressant à ces questions, pour qu'une réunion internationale y soit organisée. Puisse le Congrès de Strasbourg contribuer à développer, dans notre pays, les études de ce genre... [2].

Sans entrer dans de grands détails, on peut rapidement indiquer qu'il existe deux grands compartiments dans l'étude des effets des radiations chez les êtres vivants : la radiobiologie, qui s'occupe des radiations de très haute énergie (dites « ionisantes »), comme les rayons X et γ , et la photobiologie qui s'intéresse principalement aux radiations naturelles, « non ionisantes » (lumière émise par le soleil et par le ciel, et d'énergie nettement inférieure). Schématiquement, c'est la théorie « de la cible » qui inter-

vient pour justifier cette distinction. Les molécules organiques (formant tous les êtres vivants) sont constituées d'atomes ayant chacun un noyau (de charge électrique positive) autour desquels tournent les électrons (de charge électrique négative), localisés dans leurs orbitales et assurant la cohésion du tout. Les forces de liaison qui relient les électrons aux noyaux des atomes de ces molécules, varient avec la nature de celles-ci, mais vont, la plupart du temps, de 3 à 20 eV (eV = électron-volt = énergie cinétique de 1 volt). Les radiations sont constituées de minuscules paquets d'énergie, les photons, associés à des ondes électromagnétiques, concept de représentation difficile, mais indispensable à admettre. Dans le cas des radiations ionisantes, l'énergie de chaque photon peut varier de 10^3 à 10^6 eV, au moins ; quand ces projectiles atteignent leurs cibles, en l'espèce les électrons des molécules, ils les arrachent et les propulsent dans les milieux voisins où ces effets se multiplient, d'où il résulte une modification profonde au niveau des cellules des êtres vivants. Dans le cas des radiations non ionisantes (naturelles), domaine propre de la photobiologie, les photons ont une énergie variant de 4 eV (ultra-violet, au sol) à 0,4 eV (extrême limite de l'infrarouge) et ils ne peuvent plus arracher d'électrons, mais seulement les déplacer, à l'intérieur des molécules, qui, de leur état antérieur, ou fondamental, passent à un état dit « excité » ; quand l'électron déplacé regagne son orbitale

primitive, il libère l'énergie qu'il avait reçue, laquelle peut se manifester sous une forme lumineuse, chimique souvent, et aussi calorifique.

Lors du Colloque dont il est question, 14 thèmes scientifiques sont, en principe, retenus, et certains d'entre eux se rattachent à la recherche théorique et fondamentale, d'un grand intérêt théorique, mais assez difficiles d'accès pour les non-spécialistes; cependant d'autres ont des prolongements plus concrets, et ils sont énumérés avec de brefs commentaires :

Thème 5. — La photosensibilisation. La lumière peut ne pas agir, *directement* selon les principes exposés plus haut (théorie de la cible), mais elle passe par un intermédiaire : un photosensibilisateur, presque toujours coloré, qui est capable de recevoir une énergie d'excitation qu'il transmet à des molécules voisines, en général incolores. Il semble, par exemple, que l'auxine naturelle peut recevoir l'énergie acquise par la riboflavine, photosensibilisateur très actif, quand elle est éclairée; l'oxygène, également incolore, peut passer à un état excité, quand il se trouve à proximité de divers sensibilisateurs, qui sont classés selon leur degré d'activité. On se trouve alors en présence des photo-oxydations, évoquées souvent en photochimie et en photobiologie, et qui peuvent, par exemple, expliquer un certain nombre de morphoses chez les végétaux.

Thème 6. — La photothérapie. Les photons constituant la lumière naturelle, spécialement ceux de l'ultra-violet proche, ont des effets qui, d'une façon atténuée, évoquent ceux des photons ionisants, surtout si des photosensibilisateurs sont proches; ils provoquent des mutations, et aussi la destruction de nombreux micro-organismes, et même de virus. En favorisant la synthèse de la vitamine D, ils aident à lutter contre le rachitisme, et agissent au niveau de l'épiderme (du simple brunissement à la lésion désagréable); ils sont utiles en microchirurgie quand ils sont groupés en faisceaux cohérents (lasers).

Thème 7. — Effets des radiations non ionisantes sur l'œil. Les photons constituant la lumière visible (dont la longueur d'onde varie de 400 à 700 nm ($nm = 10^{-9}$ m)) sont les agents de la vision quand ils parviennent sur la rétine de l'homme et des animaux; des molécules organiques relativement instables, comme la rhodopsine, situées dans la rétine, changent de forme sous l'action des photons (on évoque souvent un effet réversible : torsion/étirement), et réagissent par l'émission d'impulsions électro-chimiques qui, retraitées au niveau de la rétine, sont transmises sous forme de messages codés jusqu'au centre optique du cerveau; ceci pour les images imprécises, en lumière faible, et en noir et blanc mettant en jeu les bâtonnets. Les cônes, bien moins nombreux, appartiennent à trois grands groupes, sensibles chacun à une couleur déterminée (chez les primates, en général, le violet-bleu, le vert et le jaune). Quels sont les animaux qui voient les couleurs? d'actives recherches sont en cours pour répondre à cette question.

Thème 8. — Bioconversion de l'énergie solaire. Il s'agit ici, bien entendu, de la réaction photochimique la plus importante de la terre, puisque c'est le mécanisme même de la photosynthèse qui est évoqué, en particulier de quelles façons certains photons de la lumière naturelle font passer

les molécules de chlorophylle de leur état fondamental à un, ou plusieurs états d'excitation, par déplacements de certains de leurs électrons; puis, par quelles voies l'énergie abandonnée par ces électrons quand ils regagnent leurs orbitales primitives, est-elle utilisée à la photolyse de l'eau, donnant de l'oxygène, rejeté, et de l'hydrogène qui, en une longue série de réactions complexes, se combine au dioxyde de carbone pour donner des glucides (et d'autres substances organiques). Mais de nombreux problèmes se posent encore au sujet des détails de ces transformations, détails qui pourront sans doute orienter des recherches vers des solutions industrielles aux problèmes si actuels de l'énergie.

Thème 9. — Photomorphogenèse. Grâce aux substances élaborées par la photosynthèse, les végétaux se construisent, mais cette édification est dirigée par des substances de croissance, des hormones, et des vitamines diverses, dont certaines sont sensibles à l'action de la lumière, très souvent grâce à des substances colorées photosensibilisatrices, appelées en général « chromophores »; cette partie de la photobiologie est actuellement en pleine évolution.

Thème 10. — Photopériodisme. La durée du jour (et de la nuit), variant avec la latitude et l'époque de l'année, intervient chez un certain nombre de plantes (mais pas chez toutes), pour régler quelques-uns de leurs processus vitaux : la germination des graines, l'élongation des entrenœuds, le développement des feuillages, et surtout, la floraison. Un pigment sensible à la lumière, le phytochrome joue ici un rôle essentiel : sa molécule instable « bascule » en prenant deux formes différentes sous l'action des photons constituant la lumière rouge clair ($\lambda = 680$ nm) et rouge sombre ($\lambda = 730$ nm). Ce sont les deux formes, actuellement bien connues, désignées par les sigles P_{680} et P_{730} , le retour de la seconde à la première s'effectuant, mais lentement, à l'obscurité; de nombreux problèmes restent encore à élucider, mais les spécialistes admettent que les végétaux des régions équatoriales sont du type dit « à jours courts ».

De nombreux animaux sont aussi influencés par la photopériode, spécialement en ce qui concerne leur activité sexuelle.

Thème 12. — Photochimie prébiotique. Les photons énergiques de l'ultraviolet naturel ont-ils contribué à la naissance de la vie sur la terre, et à l'accélération des mécanismes de l'évolution? Ce sont des questions que l'on peut se poser depuis que MILLER, en 1950, a réalisé la synthèse de substances organiques déjà très complexes : des acides aminés, en soumettant un mélange de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et de vapeur d'eau à de brefs et puissants éclairages lumineux. On comprendra sans peine l'importance de ces questions.

Thème 14. — Photométrie. Dosimétrie. Il est bien évident que, dans le domaine de la photobiologie, l'emploi d'appareils précis est absolument indispensable; en particulier, dans le milieu forestier, il y a encore bien à faire pour fournir aux chercheurs des instruments *entièrement* satisfaisants, et c'est sur cette constatation que s'appuient souvent ceux qui ne tiennent pas du tout à s'occuper de ce genre de problème.

* * *

Après une sorte de longue période d'immobilisme (autrefois, un traité de botanique appliquée était à la page pendant plusieurs dizaines d'années), on assiste, en France, à une évolution très intéressante en l'espèce, à la parution d'ouvrages qui suivent, pas à pas, les récentes acquisitions de la physiologie végétale, soit dans sa généralité, soit dans

certaines de ses compartiments les plus « évolutifs », comme la photosynthèse, par exemple. Il est vrai qu'il y a un demi-siècle, les chercheurs étaient bien moins nombreux, et leurs techniques souvent rudimentaires; il est cependant indispensable pour les forestiers, qui travaillent sur des arbres, lesquels naissent, croissent et meurent selon des

principes qui leur sont propres, d'être tenus au courant des changements qui se manifestent dans le vaste répertoire des idées reçues en matière de physiologie végétale.

« La nécessité d'ouvrages courts, s'en tenant à l'essentiel, s'impose tout particulièrement en biologie... et tout spécialement en physiologie végétale » ; c'est à peu près en ces termes que le Professeur R. HELLER présente son « Abrégé de Physiologie Végétale », dont le tome 1 a paru en 1977, et le tome 2, en 1978 (3-4). Comme l'un des domaines d'application le plus évident de la physiologie végétale est la sylviculture (et l'arboriculture ligneuse, qui relève de principes un peu différents), il est très important, pour les forestiers, de disposer d'ouvrages aussi complets que possible, fréquemment remis à jour en tenant compte de l'évolution rapide des concepts des spécialistes en biologie végétale, et qui, tout en restant d'une lecture facile, conservent, sous un volume réduit, une haute tenue scientifique. Le petit ouvrage analysé ici répond parfaitement à cet ensemble de conditions.

Dans son premier tome, intitulé « la nutrition », R. HELLER rappelle certains des grands principes de base, qui, en général, demeurent inchangés : la cellule végétale, avec ses principaux constituants, puis, les éléments d'application de la thermodynamique à la physiologie des végétaux, d'acquisition plus récente ; ensuite sont exposés successivement les problèmes du sol, de l'absorption de l'eau et des matières minérales, en particulier de l'azote, sous ses multiples aspects, et de ce phénomène important que constitue la transpiration. Bien entendu, vient ensuite l'étude précise et développée de la photosynthèse, avec les réactions lumineuses et obscures, d'abord dans le cycle classique de CALVIN (plantes en C_3), puis, dans celui découvert bien plus récemment des plantes en C_4 , et dont il a été parlé plus haut. La respiration est ensuite traitée, d'abord sous sa forme connue de longue date (Cycle de KREBS), la respiration obscure, et aussi, en tenant compte des plus récents travaux, sous sa forme dite « photorespiration », qui n'affecte pas toutes les plantes, mais qui donne, on l'a dit, certaines directions de recherches pour augmenter le rendement net de la photosynthèse, donc de majorer la production annuelle des forêts (et des cultures).

Le second tome traite du « Développement », c'est-à-dire de la façon dont les végétaux utilisent les substances élaborées, grâce à la nutrition, pour croître et assurer leur reproduction ; en fait, et l'auteur le précise bien, c'est à peu près uniquement le développement des végétaux supé-

rieurs qui est envisagé ici. Comme le précédent, le tome 2 commence par le rappel de quelques définitions et processus essentiels ; puis est exposée, d'une façon mathématique, la cinétique de la croissance, matérialisée par la fameuse « courbe en S », dont il a été question dans un article précédent (*B. F. T.*, n° 178). Ensuite, on passe au contrôle de la morphogénèse, et en particulier à l'examen des facteurs physiologiques les plus importants qui agissent dans ce domaine : la température et la lumière, en fait le rayonnement solaire dans son ensemble.

Les tropismes, mouvements dirigés des végétaux sont ensuite passés en revue, en particulier le phototropisme et le géotropisme, ainsi que certains autres mouvements, non orientés, appelés nasties : après l'étude des divers effets observés, on aborde la question importante des substances organiques diverses qui règlent, au niveau même de la cellule, ces divers processus de développement. Une bonne partie de ce tome est consacrée à l'étude de l'auxine naturelle (acide indole-acétique, ou A. I. A.), puis des gibbérellines, des cytokinines, et autres substances actives.

Un chapitre spécialement intéressant traite de phénomènes qui déroutent souvent les forestiers, comme la vie latente des graines, la dormance des bourgeons, et les inhibitions diverses, conditionnées souvent par des substances chimiques, sur lesquelles agissent certains des facteurs physiques du milieu extérieur.

Avec le mécanisme de la mise à fleur, on aborde l'étude du photopériodisme, avec l'intervention fréquente du phytochrome, dont l'importance est ici reconnue ; mais, et sur ce point l'ouvrage de R. HELLER se distingue peut-être d'autres traités de ce genre, il évite de faire naître l'idée que ce phytochrome est une substance photosensible « passe partout », c'est-à-dire responsable de toutes les morphoses observées dans le milieu naturel ; l'intervention de l'auxine est tout aussi souvent évoquée, et sa photooxydation (grâce aux photosensibilisateurs, du type riboflavine) présentée comme très plausible.

En résumé, il s'agit d'un excellent petit ouvrage qui devrait, pendant un certain nombre d'années, être une sorte de « bible » pour les sylviculteurs, tout au moins pour ceux qui désirent comprendre un peu mieux comment ces arbres, qui sont leurs compagnons familiers, naissent et croissent, se reproduisent et meurent, en obéissant à des lois qui leur sont propres, et qui doivent toujours être respectées.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Colloque International C. E. N. E. C. A., 1979. — Mise en œuvre rationnelle des facteurs de production agricole. R. LANNONYE, L'agriculture et la contrainte énergétique, 1210.
- (2) Congrès International de Photobiologie, Strasbourg, 20-25 juillet 1980. Secrétaire Général M. CHAR-

LIER, 1 A, avenue de la Recherche-Scientifique, 45045 Orléans Cedex.

- (3-4) R. HELLER (1977 et 1978). — Abrégé de Physiologie Végétale. Tome 1 : Nutrition, 244 p. Tome 2 : Développement : 215 p., Masson, Paris.