

aujourd'hui sont inégalement riches en radiations de diverses natures. Les flammes de gaz, d'huile, de pétrole, d'alcool sont, si on les compare à la lumière solaire, beaucoup plus riches en radiations calorifiques, qu'en radiations chimiques; les lampes électriques à incandescence ou à arc produit par un courant continu s'en rapprochent davantage. Les lumières très blanches, comme celles des lampes oxyhydriques, des becs à acétylène et des lampes électriques à arc actionnées par un courant alternatif fournissent une quantité considérable de radiations chimiques et sont relativement pauvres en chaleur.

Aussi pourrait-on les employer de même que la lumière fournie par les becs Auer, ou autres systèmes à incandescence pour certaines applications. Mais les lampes électriques sont plus facilement réglables, d'un maniement plus simple; elles brûlent peu ou pas l'air ambiant, ne répandent ni fumées, ni gaz délétères; c'est ce qui explique pourquoi on les a en général préférées à toutes les autres sources lumineuses.

## II. — ACTION PHYSIOLOGIQUE DE LA LUMIÈRE ET DES RAYONS X.

1. *Influence de la lumière blanche sur les plantes, les animaux, l'homme.* — L'action biologique exercée par la lumière sur les êtres organisés est considérable et complexe, son mécanisme est, sous certains rapports, encore incomplètement élucidé. En dehors du rôle joué dans le phénomène de la vision par les rayons lumineux, nous ne possédons aujourd'hui qu'un petit nombre de données positives sur la part qui revient aux actions calorifiques, éclairantes et chimiques dans les actes de la vie; elles sont cependant suffisantes pour fournir une base sûre aux applications thérapeutiques.

Pendant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, l'attention des savants fut surtout attirée par les réactions que présentent les êtres organisés soumis à l'influence de la lumière solaire, telle qu'elle nous parvient à travers l'espace.

2. *Action des différentes radiations du spectre.* — Depuis, on a cherché à déterminer la part de chacune des variétés de radiations, en éliminant, au moyen de divers artifices, tantôt les rayons calorifiques, tantôt les rayons chimiques et on a pu établir ainsi que la lumière blanche était susceptible de provoquer une triple réaction: calorifique, chimique, et sensitivo-motrice; cette dernière se transformant, chez l'homme, en une double perception consciente de chaleur et de lumière.

On attribue à l'action chimique les mouvements qu'effectuent certaines plantes (tournesols, sensibles) ou certains organismes inférieurs (protées) quand ils sont frappés par la lumière solaire, et à l'action psychique la sensation particulière de bien-être qu'on éprouve par un jour clair, moyennement ensoleillé, la tristesse et le malaise que donne une atmosphère sombre.

En ce qui concerne les plantes, Saussure, Morien, Hunt ont établi que la germination est surtout influencée par la température et l'humidité, tandis que les radiations lumineuses jouent un rôle considérable dans le mécanisme de l'absorption du carbone, en provoquant la décomposition de l'acide carbonique de l'air dont l'oxygène est dégagé tandis que le carbone est fixé surtout sur les parties vertes des végétaux. Dans l'eau, le même phénomène se produit pendant le jour. La nuit, les réactions sont renversées et les plantes, comme d'autres organismes d'ordre plus élevé, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique. Guettard, dès 1748, avait noté que les plantes exhalent plus d'eau pendant le jour et surtout quand elles sont frappées directement par les rayons du soleil. Dehérain prouva qu'il ne s'agissait pas d'un simple phénomène d'évaporation, attendu qu'il se produisait même dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau et Lawes fit voir que cette exhalation était indépendante du degré de la température, mais variait suivant la coloration des rayons reçus par la plante; le maximum d'élimination d'eau et de fixation du carbone se produisant quand les plantes étaient sous l'influence de rayons rouges ou jaunes. Ces faits ont été confirmés par des

expériences de Flammarton, communiquées à l'Académie des sciences en 1898. Ces expériences ont porté sur la croissance des végétaux à la fois en hauteur et en étendue. L'accroissement en hauteur était maxima dans les serres à verres rouges, puis dans celles à verres verts et blancs. Pour la vigueur et l'activité de la végétation, c'était encore dans les serres à verres rouges qu'il obtint les plus beaux échantillons, puis dans celles à verres blancs et verts. Tous ceux qui furent soumis à la lumière bleue s'étiolèrent.

Il semble donc que, pour les végétaux, ce sont les radiations lumineuses et calorifiques qui sont le plus utiles à leur développement; car, dans ces expériences, l'interposition entre la source lumineuse et les plantes de verres rouges ou verts a arrêté les radiations chimiques, tandis que le verre bleu ne laissait pas passer les radiations calorifiques. Cependant, dans toutes les serres, la température et le degré d'humidité étaient maintenus semblables.

Sur les animaux, les constatations sont identiques. Dans les eaux stagnantes contenant des matières organiques et maintenues dans l'obscurité, Morien n'a vu se développer qu'une seule espèce d'infusoire, la *monas-termo*; si on éclaire ces eaux, le nombre des espèces augmente, surtout quand la lumière est rouge ou jaune.

Edwards, en 1824, reconnut que des œufs de grenouille, déposés dans un verre transparent exposé à la lumière, se développaient bien, tandis que d'autres, renfermés dans un vase placé dans l'obscurité, n'arrivaient pas à achever leur développement; il en fut de même pour les têtards. Plus récemment, Flammarton

répétant sur les œufs des vers à soie ses expériences sur les végétaux a constaté que la production maxima se faisait sous les verres incolores, puis sous ceux qui laissent passer les rayons les moins réfrangibles du spectre (rouge à vert) et cela au double point de vue du nombre des individus nés et de la grosseur des cocons fournis plus tard. Les vers placés dans les verres rouges donnent plus de femelles et plus d'œufs.

Ainsi chez les animaux, de même que chez les plantes, les radiations calorifiques et lumineuses semblent les plus utiles à l'entretien de la vie. Comment expliquer leur action ? Chez les animaux, on pense que l'excitation provoquée par les ondes lumineuses agit par voie réflexe sur le système nerveux ou sur les plasmas cellulaires. Cette théorie est appuyée sur les expériences de Moleschott, sur les grenouilles ; il a constaté que ces batraciens exhalaient plus d'acide carbonique à la lumière qu'à l'obscurité et que la quantité de gaz expiré varie avec l'intensité de la lumière ; mais le phénomène est moins net lorsqu'on a crevé les yeux aux grenouilles.

Chez les animaux supérieurs et chez l'homme, l'influence de la lumière sur les fonctions de la nutrition, sur les sécrétions et sur les centres psycho-moteurs est encore plus facile à mettre en évidence. L'expérience de tous les jours prouve que les individus qui vivent dans des locaux où la lumière du jour n'arrive que peu ou pas, s'anémient et s'étiolent, tandis que ceux que leur profession oblige à rester pendant de longues heures exposés à l'action de l'air et de la clarté solaire sont en général vigoureux et colorés. Il y a, il est vrai, dans ces cas, à tenir

compte de la différence d'aération et de régime alimentaire, mais les expériences de physiologie et la clinique nous permettent de penser que ces deux conditions ne jouent là qu'un rôle accessoire. Ces dernières montrent, en effet, que les rayons lumineux, suivant leur couleur, agissent d'une façon différente sur la circulation, la nutrition et le système nerveux. Les rayons blancs, quand ils sont suffisamment intenses, activent la circulation, mais surtout la circulation superficielle, les rayons rouges et jaunes ont une action plus intense, plus profonde ; les bleus et les violets ralentissent le cours du sang et peuvent, dans une certaine mesure, en applications localisées, faire disparaître l'hyperhémie. De même, la lumière blanche donne un coup de fouet à la nutrition et les rayons rouges et jaunes montrent là encore leur supériorité. Ils activent le travail de la nutrition générale, quand ils sont dirigés sur la totalité du corps ou tout au moins sur une grande étendue de la peau. On peut, en les localisant et en les concentrant, accélérer la nutrition locale d'une région quelconque de l'organisme ; sur le système nerveux, l'influence des radiations n'est pas moins manifeste et varie aussi suivant leur couleur. La lumière rouge est excitante. MM. Lumière ont pu le constater d'une manière très remarquable chez ceux de leurs ouvriers qui manipulaient les produits photographiques dans des ateliers éclairés uniquement à la lumière rouge. Au bout d'un certain temps, ils devenaient nerveux et irritables, et on a pu faire cesser ces troubles de leur caractère, en remplaçant les verres rouges par des verres verts.

Féré et Rafféteau ont utilisé ces notions pour le

traitement des psychoses et de certaines névroses. Leur influence sur le symptôme douleur est des plus remarquables et élective. Lorsque la souffrance est provoquée par une inflammation, c'est la chaleur radiante lumineuse qui la soulage; si elle est due à une affection des nerfs, ce sont les rayons bleus ou verts qui sont préférables. Ainsi, s'explique aussi la sensation de bien-être qu'on éprouve sur les bords de la mer, dans les montagnes ou dans les campagnes verdoyantes. L'action tonique et sédative de ces éléments ne tient pas seulement à la pureté de l'air ou aux principes minéraux dont il est plus ou moins chargé, mais aussi certainement à la coloration bleue ou verte de la lumière réfléchie sur les flots, ou sur les végétaux environnants.

L'action bienfaisante de la lumière sur les organismes vivants est donc incontestable, et, bien que le mécanisme n'en soit pas encore absolument élucidé, on peut dire qu'elle est surtout provoquée par les radiations calorifiques et lumineuses transmettant à l'organisme une énergie qu'il transforme en l'absorbant. En dehors de l'action psychique produite par l'action de la lumière sur l'œil, il faut donc tenir compte de cet autre facteur. Le rôle des rayons les moins réfrangibles est le plus favorable, celui des plus réfrangibles paraît, d'après ce que nous avons déjà dit, plutôt funeste. En tout cas, il est comme pour les sels minéraux d'ordre chimique. Dès 1839, Niepce et Corvisart virent la lumière solaire transformer la fécule en dextrine et en acide oxalique et la matière glycogène être arrêtée dans le foie des grenouilles par l'obscurité. A la même époque, Chafcot

émittait à la Société de biologie l'opinion que certains accidents cutanés du coup de soleil devaient être attribués surtout aux radiations chimiques, en se basant sur une expérience de Despretz. Celui-ci avait montré que la lumière électrique très intense produisait un érythème semblable à celui de l'insolation et qu'on pouvait l'éviter, en plaçant entre la peau et la source lumineuse, une plaque de verre d'urane qui arrête les radiations violettes et ultraviolettes. On a remarqué aussi que cette éruption se produisait à la suite de l'exposition prolongée au soleil soit sur les montagnes, soit dans les régions polaires, alors que la température est inférieure à zéro.

L'argument n'est pas absolument décisif, car on peut dire que, si les radiations calorifiques lumineuses du soleil arrivent en moins grande quantité dans ces régions, elles sont néanmoins associées aux actiniques et pourraient agir. Mais Widmark a confirmé l'hypothèse de la nature chimique de cet érythème par une expérience ingénieuse. Il se servit d'une lampe à arc dont la lumière était projetée dans un tube, les radiations calorifiques lumineuses étaient interceptées par un courant d'eau froide. Une plaque de verre, au centre de laquelle était fixée une plaquette de cristal de roche, fermait l'une des extrémités du tube, l'autre était obturée par une lentille de cristal de roche, destinée à fournir un faisceau de rayons parallèles qui parcouraient le tube. Le cristal de roche est transparent pour les rayons chimiques seuls. Or, l'érythème de la peau exposée devant ce tube à la lumière de la lampe à arc ne se produisit que dans l'aire correspondant à la plaquette de cris-

tal de roche. Tout récemment Möller (de Stockholm) a fait des expériences encore plus décisives et qui complètent ces résultats. Il a soumis des lapins à l'action de la lumière de lampes à arc de quatre mille bougies, en concentrant les rayons sur la région frontale, préalablement rasée, des animaux. Il a vu, au bout d'un certain temps, ceux-ci présenter des phénomènes de torpeur et des troubles cérébraux allant jusqu'à la mort subite. En faisant agir les rayons violets et ultra-violets seuls, les lapins ne manifestent aucun trouble cérébral, mais au bout de plusieurs heures, la peau devient le siège de lésions superficielles imitant celles de l'érythème solaire : rougeur et opacité de l'épiderme, desquamation et pigmentation consécutives. Il y a donc dans l'insolation et dans le coup de soleil électrique deux ordres de phénomènes distincts : la congestion et les troubles cérébraux dus aux rayons les moins réfrangibles, l'érythème engendré par les plus réfrangibles. C'est à ces derniers qu'on doit attribuer l'eczéma solaire, la xérodermie pigmentée, peut-être l'hydroa estival qui surviennent chez certaines personnes à peau très sensible ou prédisposées. Ils aggravent aussi les lésions cutanées des maladies éruptives, ainsi que Finsen l'a le premier prouvé.

Les radiations chimiques ont donc sur les organismes une action plutôt fâcheuse. Certains animaux les fuient instinctivement. Raphaël Dubois a vu des protées enfermés dans des cuves à verres colorés préférer le noir au rouge, celui-ci au jaune et vert ; ils fuient la lumière bleue. Des insectés, placés dans les mêmes conditions, évitent cette dernière et se portent vers le jaune ou le rouge.

On sait que la lumière détruit certains microorganismes. Le fait a été signalé dès 1878 par Downes et Blunt, depuis il a été confirmé par Arloing, d'Arsonval et Charrin, Buchner, Finsen et plusieurs autres auteurs, et Duclaux a pu dire avec juste raison que la lumière solaire était à la fois le meilleur et le plus économique des agents d'assainissement. Or ce sont, dans ce cas, surtout les radiations chimiques qui agissent. D'ailleurs, la plupart des organismes vivants ont contre celles-ci des moyens de défense énergiques. Depuis longtemps, on a remarqué que seuls les végétaux vivant à la lumière renferment de la chlorophylle, que celle-ci se trouve surtout sur les régions les plus éclairées et qu'il s'y ajoute souvent, sur les parties qui subissent davantage l'action du soleil, un pigment rouge. La peau des animaux est protégée par des plumes ou des poils, dont les couleurs sont en général plus accentuées sur les parties les plus insolées. Chez l'homme, c'est le pigment cutané qui joue le rôle principal d'écran protecteur, c'est pourquoi la peau a une teinte plus foncée chez les habitants des pays chauds et qu'on la voit, chez ceux des climats tempérés, se bistrer légèrement en été.

On peut aussi considérer comme un processus de défense l'hyperhémie qui survient dans les régions vivement frappées tout à coup par une lumière intense, la couleur rouge du sang absorbant les radiations actiniques. Les tissus eux-mêmes sont modifiés dans leur constitution physique par l'action constante de ces rayons : la peau est plus épaisse dans les régions du corps qui sont d'habitude découvertes ; l'écorce des arbres est plus forte sur les parties les plus enso-

leillées. L'excès d'insolation peut nuire à certaines sécrétions. Les arbres à quinquina en fournissent un exemple curieux. Quand on les importa d'Amérique en France, on constata qu'ils poussaient bien, mais que leur écorce ne renfermait que peu ou pas de quinine. Après de longues et coûteuses expériences, les naturalistes furent amenés à penser que la mousse dont ces arbres étaient couverts dans leur pays d'origine pouvait bien jouer un rôle dans la production de cet alcaloïde, en absorbant les rayons actiniques. En effet quand on protégea l'écorce contre ces rayons, la quinine apparut.

Les rayons lumineux, suivant leurs couleurs, ont donc des actions absolument différentes, ce sont elles qu'on utilise dans la photothérapie.

**3. Action des rayons X sur les organismes vivants.** — Les effluves électriques et les rayons X sont doués de propriétés analogues à celles des rayons les plus réfrangibles du spectre. Hatkinson a démontré que ces derniers étaient absorbés par les végétaux qui ne semblent pas en éprouver de dommages ; Maldwey et Thouvenin les ont vu hâter la germination du liseron, du cresson alenois, du millet. Schaudum a constaté qu'ils impressionnent certaines espèces de protozoaires, d'autres s'y montrent tout à fait insensibles. Les résultats obtenus sur les cultures de microbes sont variables et contradictoires ; la vitalité de certaines espèces est entravée, leur virulence atténuée, d'autres, comme le *bacillus anthracis* et le bacille de Koch, semblent à peu près indifférents. Mais la variabilité des effets obtenus tient peut-être, comme le soutient Bang, à ce que tous les expérimentateurs ne se sont pas mis dans les

mêmes conditions. La puissance des appareils générateurs des rayons, la distance du foyer lumineux à la culture, la durée de l'exposition ne sont pas les mêmes pour chacun. On ne saurait donc comparer ces résultats, et de nouvelles études, avec des méthodes plus uniformes, sont nécessaires pour les contrôler.

Les animaux d'un ordre plus élevé sont plus fortement impressionnés par les appareils à rayons X. Dès les premières recherches auxquelles leur découverte a donné lieu, on a vu chez les animaux ou chez les personnes placées longtemps devant le tube de Crookes se produire : la chute des poils ou des cheveux, des troubles trophiques des ongles, des brûlures graves et profondes de la peau. On a cherché la cause de ces accidents qui pouvaient nuire à l'emploi de la radioscopie et de la radiographie pourtant si utiles et on l'a trouvée. Les brûlures produites par les appareils à rayons X ont des caractères particuliers. Les lésions n'apparaissent que longtemps après l'exposition : quinze à vingt-cinq jours en moyenne, elles sont profondes et longues à cicatrifier. Les spécialistes ne sont pas encore fixés sur leur mécanisme : quelques-uns admettent une action chimique directe, d'autres, comme Rodet et Bertin-Sans, Destot, pensent que les radiations impressionnent le système nerveux. Ce qui rend la question très complexe et difficile à éclaircir, c'est que ces brûlures n'ont été observées au début que par les médecins qui se servaient de bobines pour actionner les tubes de Crookes, tandis que ceux qui employaient les machines statiques n'en produisaient pas. C'est pourquoi on a tendance à admettre qu'elles

ne sont pas le fait des rayons X et qu'on doit les attribuer au champ électro-magnétique qui se forme autour du tube de Crookes pendant qu'il est illuminé et par les radiations électriques qui s'y développent; la preuve en est donnée par ce fait que, si on supprime ce champ, soit en interposant entre le tube et le malade un écran d'aluminium relié au sol, soit en mettant le pôle négatif du tube à la terre, les brûlures ne se produisent plus. Mais, depuis que ces explications ont été données, des brûlures ont été produites avec les rayons X émanant de puissantes machines électrostatiques. C'est donc plutôt la quantité d'électricité mise en jeu qui fait varier la puissance chimique des rayons X que sa tension ou la forme de l'onde du courant. Cela infirme l'opinion de Schiff et Freund, au Congrès international d'électrologie et de radiologie de 1900, que l'action physiologique et thérapeutique des rayons X est nulle. Voitzechowsky, en cherchant quels étaient les effets qu'ils pouvaient produire sur des animaux protégés par un écran d'aluminium relié au sol, a vu en effet leurs poils tomber et l'érythème se produire, mais sans aucune réaction fâcheuse, même après une exposition de quarante-huit heures consécutives.

Chalupecki a constaté que les effets des rayons X sur les yeux sont analogues à ceux que déterminent les radiations solaires ou électriques très réfrangibles et cela se comprend puisque physiquement leurs ondes sont encore plus courtes que celles des rayons violets. Mais il en résulte aussi que leur activité chimique doit être proportionnée à leur constitution physique et c'est ce qui semble résulter des observations actuellement publiées.

Tels sont les principes physiques, chimiques et physiologiques sur lesquels sont basées la photothérapie et la radiothérapie modernes. De même que pour les autres moyens thérapeutiques, l'observation empirique a devancé l'explication scientifique. L'action bienfaisante de la lumière et de la chaleur sur l'évolution des maladies fut appréciée par les anciens. Nos connaissances actuelles ont seulement contribué à mieux préciser les indications et contre-indications de ces moyens de cure et à en faciliter l'emploi, en mettant dans les mains des médecins un outillage perfectionné.