

Bibliothèque numérique

medic@

Sappey, Ph.-C.. - De l'influence de la lumière sur les êtres vivants

1844.

Paris : Imprimerie de Bourgogne et Martinet
Cote : 90975

9

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

CONCOURS POUR L'AGRÉGATION.

SECTION D'ANATOMIE.

THÈSE

SUR LA QUESTION SUIVANTE :

DE L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE
SUR
LES ÊTRES VIVANTS,

PAR

PH.-G. SAPPEY,

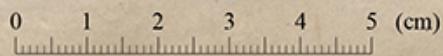
Docteur en médecine, prosecteur des hôpitaux,
Ancien aide d'anatomie de la Faculté de Médecine.

L'organisation, le sentiment, le mouvement spontané, la
vie, n'existent qu'à la surface de la terre et dans les lieux
les plus exposés à la lumièrre.
(LAVOISIER.)

PARIS,

IMPRIMERIE DE BOURGOGNE ET MARTINET, RUE JACOB, 30.

1844.



JUGES DU CONCOURS.

PRÉSIDENT, MM. ORFILA,
BÉRARD,
BLANDIN,
BRESCHET,
GAVARRET,
ROYER-COLLARD,
BAUDRIMONT,
CHASSAIGNAC,
HUGUIER, } Professeurs.
} Agrégés.

COMPÉTITEURS.

MM. BÉCLARD.
BERNARD.
DUMÉRIL.
DESPRÈS.
FAVRE.

MM. FIGUIER.
MASSE.
POUMET.
TAVERNIER.

INFLUENCE
DE LA LUMIÈRE
SUR
LES ÊTRES VIVANTS.

INTRODUCTION.

« Si l'on pratique une ouverture dans le volet
» d'une chambre obscure , il pénètre dans cette
» chambre un faisceau de lumière. L'étude de ce
» faisceau nous montre qu'il peut donner naissance
» à trois ordres de phénomènes bien distincts :

» 1° A la sensation de la lumière en agissant sur
» l'organe de la vue;
» 2° A une élévation de température des corps;
» 3° A des altérations profondes dans certains
» corps , au point de changer non seulement les pro-
» priétés physiques , mais encore leurs propriétés
» chimiques..... On peut isoler dans un même
» faisceau successivement des rayons capables de
» produire exclusivement l'un ou l'autre de ces trois
» ordres de phénomènes. »

A côté de ces paroles si positives par lesquelles M. Regnault ouvrait ses leçons de physique en 1843 au Collège de France , citons encore le passage suivant du rapport de M. Biot , publié dans le XII^e volume des *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences* :

« De chaque point des corps , il dérive continuellement une infinité de radiations rectilignes , résultant d'une émanation matérielle , ou d'ondulations propagées ; susceptibles d'être absorbées , réfléchies , réfractées , et qui , selon leurs qualités propres , attachées à leur nature ainsi qu'à leurs vitesses actuelles , peuvent produire la *vision* , la *chaleur* , ou déterminer certains phénomènes chimiques , lorsqu'elles sont reçues par des substances ou par des organes sensibles à leurs impressions . Chaque substance vivante ou non vivante , organisée ou non organisée , est , de même , plus ou moins sensible à certaines portions de la radiation totale..... , et les substances ainsi affectées , éprouvent souvent , sous cette influence , une excitation qui a pour résultat la *séparation de leurs éléments constitutants chimiques* , ou qui les dispose à former des combinaisons que nous ne pourrions pas autrement déterminer . »

Puisque dans cet agent , qui est incessamment rayonné vers nous par le soleil , la science moderne a reconnu d'une manière bien positive l'existence de trois espèces distinctes de radiations (la radiation calorifique , la radiation lumineuse proprement dite ,

et la radiation chimique), nous devons, avant d'entrer en matière, chercher à interpréter convenablement la signification de la question qui nous est échue.

Les radiations calorifiques constituent certainement un des plus puissants modificateurs des êtres vivants et doivent être prises en très sérieuse considération dans toutes les questions relatives à leur développement. Mais à raison même du rôle important qu'elle joue en physiologie, il nous semble que cette partie de la radiation solaire ne rentre pas dans le sujet de cette thèse. Quand il nous a imposé la tâche de tracer l'histoire de l'action de la lumière sur les êtres vivants, le jury n'a sans doute voulu parler que des effets indépendants de son action calorifique. Les termes dans lesquels la question est posée ne sauraient laisser aucun doute dans les esprits à ce sujet.

Les radiations lumineuses proprement dites, pour la perception desquelles nous sommes munis d'un organe spécial, l'œil, nous servent à établir et à étendre nos relations avec le monde extérieur, à constater l'existence et les diverses qualités des corps placés hors de la portée des appareils de la préhension et du toucher. Sans doute cette espèce de radiation devrait être prise en très sérieuse considération s'il s'agissait ici de faire l'histoire du développement de l'esprit humain; mais, enfermés que nous sommes dans l'étude du développement organique et de la nutrition des êtres, son influence nous paraît com-

plétement négligeable. Dans le bas de l'échelle, nous trouverions déjà des animaux qui sont dépourvus de l'organe de la vue, et les êtres appartenant au règne végétal manquent complètement d'appareils propres à leur révéler les formes du monde extérieur. Nous n'aurons donc à nous occuper ni de l'histoire de la vision ni des modifications physiologiques de l'œil dans les animaux. Cependant la lumière, par sa propriété d'agent éclairant, peut, dans certaines circonstances pathologiques, acquérir une assez grande importance; nous consacrerons un chapitre spécial aux phénomènes généraux qui découlent soit de l'activité, soit de la suspension d'exercice des fonctions visuelles; en d'autres termes, nous étudierons la lumière dans ses rapports avec les centres nerveux, sur lesquels elle exerce une haute influence.

Quant aux radiations chimiques, celles qui déterminent les combinaisons et les décompositions dont la lumière est l'agent spécial indépendamment de ses propriétés calorifiques, ce sont celles qui jouent réellement un rôle important dans les phénomènes de nutrition. Les êtres vivants sont le siège d'une foule de réactions chimiques incontestables, ayant toutes pour but la conservation de l'individu et de l'espèce. Les éléments empruntés au monde extérieur sont élaborés, portés dans le torrent circulatoire, et, par une suite de transformations, deviennent assimilables, c'est-à-dire propres à renouveler la substance des organes vivants. Et par un mouvement en sens in-

verse, après un certain temps de durée, tous les éléments organiques sont à leur tour détruits, décomposés et chassés au-dehors par diverses voies d'excrétion. C'est au milieu de ces réactions incessantes, et par elles en grande partie du moins, que s'entre-tient la vie, que les êtres se développent et remplissent leurs fonctions à la surface du globe. Et puisque l'expérience et l'observation nous apprennent que les êtres organisés ne peuvent arriver à leur état complet de développement qu'à la condition d'être soumis à l'action plus ou moins directe des radiations solaires, que chez eux des fonctions tout entières sont suspendues ou changent de nature tout le temps qu'ils restent plongés dans l'obscurité, il est naturel de rapporter aux radiations chimiques elles-mêmes l'influence incontestable de la lumière.

C'est donc de l'histoire de ces radiations chimiques, dans leurs rapports avec le développement et la nutrition des êtres organisés, que nous devons surtout nous occuper. Nous devons chercher à établir la réalité de leur influence, à juger leur importance et à démêler le mécanisme de ces relations entre les êtres vivants et le milieu ambiant.

Mais avant d'aborder ce sujet, il ne sera pas sans doute inutile de jeter un coup d'œil rapide sur les propriétés et les lois de ces radiations chimiques, de faire voir comment on peut les isoler des deux autres espèces de radiations qui les accompagnent dans la lumière naturelle, de déterminer pour quelle part elles entrent dans la constitution du rayon solaire.

Radiations chimiques.

On sait depuis longtemps que, sous l'influence de la lumière, certains corps sont altérés ou entrent dans des combinaisons nouvelles. On sait aussi qu'à l'abri du contact de la lumière, ces modifications et ces combinaisons n'apparaîtraient pas ; en sorte qu'il ne peut exister aucune espèce de doute sur les propriétés chimiques d'un faisceau lumineux naturel.

Scheele, le premier, chercha à déterminer dans quelle partie du spectre lumineux existaient les radiations chimiques. Il prépara du chlorure d'argent dans l'obscurité, et le soumit à l'action d'un spectre. Cette expérience fournit un résultat fort remarquable : l'altération du chlorure commença dans la bande violette, puis s'étendit graduellement dans toute l'étendue du spectre jusqu'au rouge extrême, mais sans le dépasser. Il n'en fut pas de même à l'autre extrémité, l'altération dépassa la bande violette, franchit les limites visibles du spectre et s'étendit assez loin dans la partie obscure. Ce fait, constaté depuis par Ritter d'Iéna et par Wollaston, prouve que les radiations chimiques existent dans toute l'étendue visible du spectre, ne dépassent pas ses limites du côté des rayons les moins réfrangibles, ont leur maximum d'intensité dans le violet, et dépassent les limites du spectre visible du côté des rayons les plus réfrangibles ; en sorte qu'un faisceau décomposé par le

prisme agit chimiquement là où notre œil ne peut plus constater l'existence de la lumière.

Seebeck étudia l'action du spectre sur le mélange détonant de chlore et d'hydrogène. Il introduisit ce mélange dans deux cloches : l'une en verre rouge, l'autre en verre bleu, et il fit agir la lumière solaire. Dans la cloche bleue, la combinaison se fit assez vite, mais dans la cloche rouge, aucune réaction n'eut lieu. Il transvasa le mélange de la cloche rouge dans la cloche bleue, et cette fois la combinaison s'effectua. Cette expérience démontrait que les verres colorés exerçaient sur les radiations chimiques une action élective comme sur les rayons lumineux, action élective dont M. Melloni a aussi démontré l'existence par les radiations calorifiques.

Après la belle découverte de M. Daguerre, les radiations chimiques fixèrent de nouveau l'attention des physiciens. Au milieu des travaux nombreux entrepris et exécutés à ce sujet dans ces dernières années, ceux de M. Edmond Becquerel surtout ont jeté un grand jour sur l'histoire des radiations chimiques. Nous allons en donner ici une analyse rapide.

Lorsqu'on prend un papier sensible au chlorure d'argent préparé dans l'obscurité complète, et qu'on le soumet, dans une chambre obscure, à l'action d'un spectre bien épuré, formé par le passage d'un faisceau de lumière solaire à travers un prisme de flint-glass, on constate les résultats suivants :

L'action se montre d'abord vers la partie violette du spectre, puis gagne peu à peu à droite et à

gauche. Dans la partie visible du spectre, elle envahit la zone indigo, la zone bleue, et s'arrête aux limites du vert et du bleu. Dans la partie invisible au-delà de la bande violette, l'action s'étend aussi jusqu'à une distance égale à peu près à la moitié de la longueur du spectre lumineux.

Si le papier sensible, avant d'avoir été soumis à l'action du spectre, est exposé pendant un temps très court à la lumière diffuse, alors l'altération du chlorure, au lieu de s'arrêter aux limites du vert et du bleu, s'étend graduellement jusqu'aux limites extrêmes du rouge sans jamais les dépasser.

Cette première expérience nous permettrait déjà de partager le spectre lumineux en deux zones distinctes, relativement à l'action chimique exercée sur le chlorure d'argent.

Première zone. Depuis le rouge externe jusqu'aux limites du vert et du bleu, les radiations chimiques ne produisent d'effet sur le chlorure qu'autant qu'il a déjà subi l'influence de la lumière diffuse.

Deuxième zone. Depuis les limites du vert et du bleu jusqu'au-delà de la bande violette, les radiations chimiques influencent également le chlorure préparé dans l'obscurité ou déjà exposé à la lumière diffuse.

Cette distinction est trop importante pour que nous ne nous y arrêtons pas un instant.

On prend un papier sensible au chlorure d'argent préparé dans l'obscurité, on le recouvre d'un carton dans lequel on a pratiqué des ouvertures parallèles, étroites et rapprochées. On expose le tout à la lu-

mière diffuse pendant un temps très court. Le chlorure correspondant aux parties pleines du carton n'a pas pu recevoir l'action de la lumière diffuse, mais le chlorure correspondant aux découpages a nécessairement été influencé, bien que l'exposition ait été trop courte pour qu'il y ait aucune altération constatable à l'œil. Si alors on enlève le carton dans l'obscurité, et qu'on expose le papier sensible à l'action d'un spectre, disposé de telle façon que les zones colorées soient perpendiculaires aux directions des ouvertures tracées sur le carton qui le recouvrail, voici ce qu'on remarque :

Dans les bandes violet, indigo, bleu, l'action se prononce indistinctement sur le chlorure qui est resté dans l'obscurité et sur celui qui a reçu l'influence de la lumière diffuse. Cette même action existe au-delà du violet, dans la partie invisible du spectre.

Mais dans les bandes vert, jaune, orangé, rouge, le chlorure qui est resté dans l'obscurité n'éprouve aucune altération, tandis que le chlorure qui a reçu l'impression de la lumière diffuse est altéré et coloré.

Ainsi, dans la partie la moins réfrangible du spectre, depuis le rouge extrême jusqu'aux limites du vert et du bleu, les radiations chimiques incapables de produire un effet *primitif* sur le chlorure d'argent préparé dans l'obscurité, deviennent actives quand la substance a déjà reçu l'impression même très faible de la lumière diffuse. Ces radiations ne peuvent que *continuer* une action déjà commencée. Comme

M. Becquerel, nous appellerons ces radiations chimiques les *rayons continuateurs*.

Les radiations chimiques qui existent dans la partie la plus réfrangible du spectre depuis les limites du vert et du bleu, jusqu'au violet extrême et au-delà, dans la partie obscure, ont la propriété de produire un effet *primitif, direct*, sur le chlorure préparé dans l'obscurité : ce sont les *rayons excitateurs*.

En résumé, avec le chlorure d'argent nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° Les radiations chimiques existent dans toute la partie visible du spectre solaire.

2° Elles ne dépassent jamais les limites du spectre visible du côté du rouge.

3° Elles dépassent les limites du spectre visible du côté du violet, et s'étendent à une distance égale à peu près à la moitié de la longueur du spectre visible lui-même.

4° Dans la partie la moins réfrangible jusqu'aux limites du vert et du bleu, les radiations chimiques ne sont que des *rayons continuateurs*.

5° Dans le reste du spectre visible et au-delà, les radiations produisent un effet primitif : ce sont les *rayons excitateurs*.

Avant d'aller plus loin, répondons à une observation qu'on ne manquerait pas de nous opposer. Nous avons dit que sur du chlorure d'argent préparé dans l'obscurité, l'action du spectre s'arrêtait aux limites du bleu et du vert. Cependant, quand on laisse très longtemps le papier sensible exposé à l'in-

fluence du spectre, l'action gagne peu à peu et s'étend très lentement jusqu'aux dernières limites du rouge. Ceci n'empêche pas de maintenir la distinction fort importante établie par M. Becquerel entre les rayons *excitateurs* et les rayons purement *continuateurs*. En effet :

1^o La lumière artificielle d'une bougie suffit pour produire sur le papier sensible une impression analogue à celle de la lumière diffuse.

2^o Les physiciens sont tous d'accord sur ce point qu'un spectre, quelque bien épuré qu'il soit, contient toujours une certaine quantité de lumière diffuse dans toute son étendue.

Par conséquent, nous sommes en droit de dire que cette action extrêmement lente produite sur le chlorure d'argent dans les parties les moins réfrangibles du spectre, et d'autant plus lente qu'on a pris plus de précautions, doit être rapportée en entier à l'action de la bougie dont il est difficile de se passer et à ce reste de lumière diffuse qui se trouve dans tout spectre.

Après avoir ainsi étudié l'action de la lumière sur le chlorure d'argent, M. Becquerel a soumis à la même épreuve l'iode d'argent. Les résultats ont été les mêmes, ainsi qu'avec presque tous les sels d'argent, soit qu'il employât le papier sensible, soit qu'il se servît des plaques Daguerriennes.

M. Becquerel s'est occupé aussi de la question de savoir si, dans le spectre chimique, on trouverait des raies analogues à celles que Fraünhoffer a si bien

étudiées dans le spectre lumineux. Il nous suffira de dire que de ces recherches il résulte que :

1^o Dans la partie du spectre chimique qui correspond au spectre lumineux, les raies existent et correspondent exactement aux raies de Fraünhoffer.

2^o Des raies analogues existent dans la partie du spectre chimique qui dépasse le spectre lumineux du côté du violet.

3^o M. Becquerel annonce avoir constaté, dans la partie du spectre chimique correspondant à la raie G de Fraünhoffer, des raies très fines qui paraissent ne pas exister dans le *spectre lumineux*.

Lorsqu'au lieu de préparer le papier sensible avec des sels d'argent, on l'imprègne de bichromate de potasse, les résultats sont du même genre, mais présentent cependant quelques différences intéressantes à étudier.

L'action commence à se manifester aux limites du vert et du bleu, envahit toute la bande verte jusqu'aux limites du jaune. Elle s'étend aussi du côté des rayons plus réfrangibles du spectre jusqu'aux limites extrêmes du violet. Enfin l'action se prononce au-delà du violet, dans la partie invisible du spectre, mais dans une étendue moins considérable que pour les sels d'argent.

Ainsi les radiations chimiques de la bande verte, qui n'étaient que des *rayons continuateurs* pour les sels d'argent, sont devenues *excitateurs* pour le bichromate de potasse. Par contre, il est arrivé que dans la partie obscure du spectre solaire, l'action sur

les sels d'argent s'est étendue beaucoup plus loin que sur le bichromate.

Avec les sels d'or, les résultats sont du même genre qu'avec le bichromate de potasse; les radiations chimiques de la couleur verte sont des *rayons excitateurs*; mais l'action de la partie invisible du côté du violet s'étend encore moins loin qu'avec le bichromate.

Les résultats obtenus avec le papier enduit de résine de gayac méritent de nous arrêter un instant. Lorsque le papier est préparé dans l'obscurité et qu'on le soumet à l'influence du spectre solaire, la portion située dans la partie lumineuse du spectre depuis le rouge extrême jusqu'au violet extrême, n'est pas altérée; mais au-delà du violet, dans la partie obscure, dans toute l'étendue de sensibilité des sels d'argent, le papier bleuit. Lorsqu'on soumet ensuite ce gayac bleui à l'influence de la partie lumineuse du spectre, le papier est ramené à sa couleur naturelle (blanc jaunâtre), depuis le rouge extrême jusqu'aux dernières limites du violet. Cette double action était déjà connue de Wollaston; cet habile physicien la résumait en disant que les radiations chimiques les plus réfrangibles, celles de la partie obscure, agissaient sur le gayac en l'oxidant; tandis que les radiations chimiques de la partie visible exerçaient une influence réductrice en désoxidant le gayac bleni.

Après avoir étudié l'influence chimique des différentes portions du spectre solaire, au moyen de

changements de couleurs survenus dans les papiers sensibles, M. Becquerel a eu l'heureuse idée de se servir du dégagement d'électricité produit pendant ces réactions chimiques. Nous ne pouvons pas entrer ici dans l'analyse de cette partie des recherches de M. Becquerel ; ce serait nous engager dans une voie qui nous écarterieit trop de notre sujet. Nous devons nous contenter de dire que les résultats fournis par l'*actinomètre électrochimique* sont d'accord avec ceux dont nous avons déjà parlé.

L'influence si remarquable que les écrans transparents solides, liquides, incolores ou colorés, exercent sur les radiations calorifiques, engageait à chercher s'ils ne se conduisaient pas d'une manière analogue avec les radiations chimiques. M. Malaguti s'était déjà occupé de ce sujet et était arrivé à ce résultat remarquable que l'eau distillée, loin de diminuer l'intensité des rayons chimiques qui la traversent, paraît au contraire l'augmenter. M. Becquerel a repris cette question par des procédés plus rigoureux que ceux de M. Malaguti, et voici quels sont les résultats qu'il a obtenus.

Écrans liquides incolores. Les liquides incolores ne produisent aucune influence sur l'intensité des radiations chimiques qui sont comprises dans la partie lumineuse du spectre.

Quelques uns, tels que l'eau, l'alcool, l'acide sulfurique, etc., laissent passer sans altération les radiations chimiques qui sont au-delà du violet dans la partie obscure ; mais l'eau n'augmente pas

leur intensité, comme l'avait annoncé M. Malaguti.

Beaucoup de liquides incolores, parmi lesquels nous citerons seulement l'essence de citron, les acides azotique et chlorhydrique, arrêtent une proportion plus ou moins considérable des radiations situées dans la partie obscure du spectre.

Enfin, il y a trois liquides incolores, la créosote, l'essence d'amandes amères et la solution de sulfate acide de quinine, qui arrêtent complètement toutes les radiations chimiques situées au-delà du violet.

Écrans solides transparents incolores. A travers ces écrans comme à travers les écrans liquides incolores, les radiations situées dans la partie lumineuse du spectre passent sans altération. L'action absorbante de beaucoup de ces écrans solides incolores porte uniquement sur les radiations situées dans la partie obscure du spectre.

De ces faits nous sommes en droit de conclure que l'action absorbante des milieux dans lesquels se meuvent les radiations chimiques porte surtout sur *les plus réfrangibles*.

Écrans transparents colorés. L'action des écrans transparents colorés sur les radiations chimiques peut se résumer dans la phrase suivante que nous empruntons à M. Becquerel :

« Toutes les substances qui agissent par absorption » sur les rayons lumineux agissent aussi par absorption sur les rayons chimiques de même réfrangibilité. »

Si nous voulions faire une histoire physique complète de l'action chimique de la lumière, nous aurions maintenant à nous occuper d'une question grave. Les phénomènes chimiques et les phénomènes lumineux tiennent-ils à deux propriétés distinctes d'une même espèce de radiation, ou bien doivent-ils être rapportés à des radiations de nature différente? En d'autres termes, dans le faisceau solaire y a-t-il un seul agent déterminant à la fois la sensation de lumière et des réactions chimiques, ou bien les rayons lumineux sont-ils accompagnés de rayons obscurs influençant chimiquement les substances qu'ils frappent?

Quoi qu'il en soit de cette question que nous ne devons pas aborder ici, bien que M. Becquerel en particulier n'hésite pas à admettre que *les réactions chimiques et les phénomènes de lumière sont engendrés par un seul et même rayonnement dont les effets se modifient suivant la nature du corps sur lequel il agit*, nous continuerons, ne fût-ce que pour la commodité du langage et la clarté de l'exposition, à parler des *radiations chimiques* comme si elles étaient distinctes des *radiations lumineuses* par une différence de nature, comme elles le sont en réalité par les effets produits.

Cela posé, et ne voulant pas pénétrer plus avant dans l'histoire physique des radiations chimiques, nous résumerons les faits énoncés et acquis à la science dans les propositions générales suivantes :

I.

Tout faisceau de lumière solaire contient des radiations chimiques, qui sont l'agent spécial des réactions causées par la lumière.

II.

Ces radiations chimiques ne sont pas de même réfrangibilité. Il n'y en a pas de moins réfrangible que le rouge extrême; mais il en existe de réfrangibilité correspondante à toutes les couleurs du spectre lumineux, et même d'une réfrangibilité plus considérable que le violet extrême; en sorte que le spectre chimique recouvre la totalité du spectre lumineux, et même le dépasse dans une assez grande étendue du côté du violet.

III.

Les radiations chimiques doivent être distinguées en *rayons excitateurs* et en *rayons continuateurs*.

IV.

Pour une substance sensible quelconque, les rayons *excitateurs* ont une réfrangibilité plus considérable que les *continuateurs*. Mais la ligne de démarcation entre les excitateurs et les continuateurs n'est pas la même pour toutes les substances.

V.

Le spectre chimique peut donc être décomposé

lui-même en deux autres spectres : 1^o le *spectre excitateur*, correspondant aux radiations les plus réfrangibles ; 2^o le *spectre continuateur*, correspondant aux radiations les moins réfrangibles.

VI.

Pour les sels d'argent, voici quelle est la disposition de ces deux spectres chimiques par rapport au spectre lumineux.

1^o *Spectre excitateur.* L'action commence au-delà du violet à une distance égale à peu près à la moitié de la longueur du spectre lumineux. Là, l'action est faible; elle augmente à mesure qu'on se rapproche du violet; elle s'accroît encore dans le violet, atteint le maximum avant d'arriver à la raie G de Fraünhoffer; puis l'action décroît graduellement et s'éteint complètement aux limites du bleu et du vert, vers la raie F de Fraünhoffer.

2^o *Spectre continuateur.* Celui-ci commence au rouge extrême : l'action devient graduellement plus intense à mesure qu'on pénètre plus avant dans le spectre lumineux, atteint son maximum dans le jaune entre les raies D et E de Fraünhoffer , vers le lieu de maximum de clarté du spectre lumineux lui-même; puis l'action décroît graduellement, et disparaît vers les limites du vert et du bleu , un peu au-delà de la raie F de Fraünhoffer.

L'étendue relative de ces deux spectres et la position des deux maxima ne seraient pas les mêmes pour d'autres substances sensibles.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE

SUR LES ÉTRES VIVANTS.

Parmi les divers agents extérieurs capables de modifier les phénomènes qui se passent au sein des êtres organisés, la lumière est assurément l'un de ceux dont l'influence saurait être le moins contestée. Mais si, de ce fait général, depuis longtemps acquis à la science, on passe aux applications qui en découlent, on est bientôt frappé des grandes inégalités que cette influence présente soit dans l'intensité, soit dans la nature de son action. L'observation, en nous montrant que les modifications produites dans les êtres vivants par le contact des corps extérieurs sont d'autant plus importantes que l'organisation est plus simple, et d'autant plus faibles que celle-ci est plus compliquée, nous révèle, en quelque sorte, la loi de décroissance de cette intensité : si énergique, en effet, sur la vie des végétaux, que cette vie paraît lui être entièrement subordonnée, l'action du fluide lumineux devient plus faible et d'une importance secondaire sur la vie des animaux. De ces différences, liées d'une manière intime à la vie plus ou moins compliquée des êtres qui constituent l'échelle organique, il résulte que dans l'analyse des faits relatifs à l'influence de la lumière, il devient utile et même nécessaire d'étudier le mode de cette influence tour à tour sur les végétaux, sur les animaux, et enfin sur l'homme.

CHAPITRE PREMIER.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LES VÉGÉTAUX.

Les radiations lumineuses agissent sur les végétaux soit en modifiant profondément les fonctions qui président à leur nutrition et à leur développement, soit en imprimant à leurs tiges et à leurs rameaux une direction déterminée, soit enfin en occasionnant les mouvements spontanés que nous présentent quelques unes des parties qui les constituent. Les fonctions que la lumière modifie par son contact sont : la respiration, l'absorption et l'exhalation; nous avons à étudier la nature et les conséquences de ces diverses modifications. Parmi les mouvements soumis à l'influence du même agent, les uns se manifestent d'une manière lente et insensible dans la branche du végétal, par la tendance incessante qui les dirige vers les points le plus vivement éclairés; les autres par un changement rapide et plus ou moins apparent dans la position ou la forme de ses fleurs et de ses feuilles; nous exposerons le mécanisme de chacun d'eux.

ARTICLE PREMIER.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA RESPIRATION DES VÉGÉTAUX.

L'acte respiratoire dans les végétaux, comme dans les animaux, est un phénomène essentiellement chi-

mique ; mais tandis que du règne animal s'échappent incessamment de l'acide carbonique , de la vapeur d'eau et de l'azote, nous voyons les plantes décomposer l'acide carbonique pour en fixer le carbone et en dégager l'oxygène , décomposer l'eau pour s'emparer de son hydrogène , en dégager aussi l'oxygène , et emprunter de l'azote, soit à l'air, soit à la terre; le plus remarquable antagonisme existe donc entre la respiration des animaux et celle des végétaux ; et il faut reconnaître avec M. Dumas que si le règne animal constitue un immense appareil de combustion , le règne végétal, à son tour, constitue un immense appareil de réduction où l'acide carbonique réduit laisse son charbon, où l'eau réduite laisse son hydrogène , où l'air réduit laisse son azote ; une seule force possède le pouvoir d'imprimer le mouvement à ce vaste appareil ; cette force réside dans les rayons chimiques de la lumière solaire ; dès qu'elle intervient , on voit aussitôt s'accomplir la réduction des produits oxydés qui constituent l'air atmosphérique , ou qui circulent dans la sève du végétal ; dès qu'elle cesse d'agir , ce travail de réduction est suspendu. Ces irradiations chimiques étant le point de départ, ou la cause première de tous les phénomènes que présente la respiration des végétaux , il importe , pour bien établir la réalité et surtout la puissance de leur action , d'exposer successivement leur influence sur la décomposition du gaz acide carbonique , sur la décomposition de l'eau , et enfin sur la réduction des produits azotés.

Décomposition du gaz acide carbonique sous l'influence des rayons chimiques de la lumière.

Sion expose des feuilles vertes sous l'eau, à l'action solaire, on ne tarde pas à observer des bulles de petite dimension, mais multipliées, qui se dégagent de ces feuilles et s'élèvent perpendiculairement à la surface du liquide; Priestley, le premier, soumit à l'analyse ces bulles aériformes, et constata qu'elles étaient constituées, soit par du gaz oxygène pur, soit par un air plus oxygéné que l'air atmosphérique ou l'air dissous dans l'eau. Ce fait fixa l'attention de Spallanzani, d'Ingenhousz, de Th. de Saussure, de Sennebier surtout, qui le confirmèrent par leurs observations, l'étudièrent dans tous ses détails, et reconnurent qu'il était lié aux lois les plus importantes de la vie végétale. Deux théories furent proposées pour en donner l'interprétation; dans l'une, à laquelle Fourcroy a prêté l'appui de son nom, on expliquait le dégagement de ce gaz oxygène par l'absorption de l'eau, sa décomposition ultérieure dans le parenchyme des feuilles, et la fixation de l'hydrogène dans le végétal. Dans l'autre, qui a été proposée et habilement développée par Sennebier, l'émission de l'oxygène est attribuée à la réduction du gaz acide carbonique, dissous dans l'eau ordinaire dans des proportions variables; par cette décomposition, le gaz oxygène devenu libre rentre dans l'atmosphère.

qu'il avait un instant abandonnée, tandis que le carbone se dépose dans la plante, s'y accumule sans cesse, et devient ainsi l'une des causes les plus puissantes de son développement. De ces deux théories, la première, prise au point de vue sous lequel nous venons de la présenter, ne saurait être conservée; il suffit, pour la renverser, de ce fait capital: les plantes exposées sous l'eau distillée aux rayons du soleil n'exhalent pas de l'oxygène. La seconde, au contraire, repose sur une longue série de faits bien observés; nous allons rapporter les plus importants.
1° Sennebier a démontré par un très grand nombre d'expériences que la quantité d'oxygène dégagée par les plantes exposées sous l'eau aux rayons du soleil est d'autant plus considérable que cette eau est chargée d'une plus grande quantité d'acide carbonique. Entre toutes ces expériences, nous citerons seulement la suivante: une branche de framboisier, qui ne fournissait point de gaz dans l'eau distillée, a donné dans l'eau commune un volume d'air égal à celui de 108 grains d'eau, et dans l'eau chargée artificiellement d'acide carbonique, elle en a fourni un volume égal à 1664 grains d'eau. 2° Cette expérience a été répétée par de Candolle, sous une autre forme qui en rend les résultats encore plus visibles. Ce célèbre observateur a placé sur une même cuvette deux bocaux renversés, l'un A, ainsi que la cuvette, plein d'eau distillée dans laquelle nageait une plante de menthe aquatique; l'autre B, rempli de gaz acide carbonique. L'eau de la cuvette était

surmontée par une épaisse couche d'huile, afin d'éviter pour un temps donné l'action de l'air atmosphérique. L'appareil était exposé au soleil; on voyait chaque jour, dans le bocal B, le gaz acide carbonique diminuer, ce qu'on reconnaissait par l'élévation de l'eau; et, au sommet du bocal A, il s'élevait en même temps une quantité de gaz oxygène sensiblement égale à la quantité de gaz acide carbonique absorbé. Pendant douze jours que l'expérience dura, la menthe vécut en bonne santé, tandis qu'une plante semblable, placée sous un bocal d'eau distillée, n'avait pas dégagé pendant le même temps de gaz oxygène, et annonçait des signes évidents de décomposition: ainsi, dans cette expérience, on voyait pour ainsi dire le gaz acide carbonique distillé et décomposé par la plante qui s'en nourrissait. 3° Le même auteur ayant répété cette expérience en mettant du gaz oxygène à la place du gaz acide carbonique, il ne s'est dégagé aucun gaz dans le bocal où était la menthe aquatique. 4° Sennebier a vu que si l'on renouvelle les feuilles vivantes dans la même eau, elles cessent de donner du gaz oxygène, parce que l'eau est épuisée d'acide carbonique; que si l'on place des plantes au soleil dans une eau chargée de carbonate de chaux, il ne se dégage point d'oxygène; mais que si l'on y verse quelques gouttes d'acide azotique ou sulfurique, l'acide carbonique qui abandonne la chaux se dissout dans l'eau et est décomposé par la plante. 5° Cet expérimentateur, après avoir rempli deux récipients renversés, l'un de gaz azote, l'autre de gaz hydro-

gène, introduisit dans chacun d'eux un rameau vert, dont la base plongeait dans de l'eau carbonisée; il changea les rameaux chaque jour, afin d'éviter toute apparence de décomposition. Au bout de quarante-cinq jours, il trouva, par le moyen du gaz nitreux, que les deux gaz du récipient contenaient 28 à 30 centièmes de gaz oxygène, lequel provenait évidemment de la décomposition du gaz acide carbonique dans la plante. 6° Théod. de Saussure a élevé des pervenches de graines, et s'est assuré par une analyse préalable de la quantité moyenne de carbone que contenaient ces jeunes pervenches, d'un poids et d'une grandeur connus. Il en a placé sept, plongeant par leurs racines dans de l'eau distillée, et vivant sous un récipient qui contenait de l'air atmosphérique mêlé de $7 \frac{1}{2}$ centièmes de gaz acide carbonique; il en a placé sept autres sous de l'air semblable, mais dépourvu d'acide carbonique, et il a exposé ces récipients au soleil. Au bout de six jours, il a retiré les pervenches non altérées; l'atmosphère du récipient qui contenait de l'acide carbonique n'en contenait plus, et renfermait $24 \frac{1}{2}$ centièmes d'oxygène, au lieu de 21. L'acide carbonique avait donc été décomposé par les pervenches; celles-ci, analysées, ont fourni 2,28 grains de carbone de plus qu'avant l'expérience; les pervenches qui avaient vécu sous une atmosphère dépourvue d'acide carbonique avaient plutôt perdu un peu de carbone. Cette expérience, répétée avec la menthe aquatique, la salicaire, le pin sauvage, a donné sensiblement les

mêmes résultats, sauf quelques variations dans les quantités. 7° M. Boussingault a montré que des pois semés dans du sable, arrosés d'eau distillée, et alimentés d'air seulement, ont pu se développer, fleurir et fructifier. D'où provenait le carbone qui s'était accumulé dans la tige de ces plantes pendant leur développement? évidemment de l'acide carbonique de l'air, seule source dans laquelle elles pouvaient le puiser. Dans une autre expérience, M. Boussingault a vu des feuilles de vigne enfermées dans un ballon prendre tout l'acide carbonique de l'air qu'on dirigeait au travers de ce vase, quelque rapide que fût le courant.

De tous les faits qui précèdent, nous pouvons donc tirer cette conclusion : le gaz oxygène qui se dégage des végétaux sous l'influence solaire, soit pendant leur immersion sous l'eau, soit durant leur exposition à l'air libre, provient de la décomposition du gaz acide carbonique.

Ce premier fait étant bien établi, nous avons à nous demander maintenant si le pouvoir réducteur des végétaux s'étend seulement à l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère, ou bien simultanément à ce dernier, et à celui que tiennent en dissolution les liquides absorbés dans le sol par la racine du végétal. L'expérience suivante de Sennebier répond affirmativement à cette question. Cet auteur a pris deux branches de pêcher, qu'il a placées sous des récipients pleins de la même eau; le bas de ces branches sortait du récipient et plongeait dans des bou-

teilles. L'une de ces bouteilles contenait de l'eau chargée d'acide carbonique, et l'autre était vide. La branche qui trempait par sa base dans de l'eau carbonisée a dégagé une quantité de gaz oxygène égale à un volume d'eau pesant 4815 grains; l'autre, à un volume d'eau pesant seulement 2535 grains. Par conséquent, la moitié environ du gaz exhalé par la première paraît avoir été fournie par l'acide carbonique de l'eau en contact avec les feuilles, et l'autre moitié par celui de l'eau absorbée par la base de la branche: ainsi le gaz oxygène que les plantes dégagent au contact de la lumière provient de deux sources: d'une part, du gaz acide carbonique mêlé à l'air atmosphérique; de l'autre, de ce même gaz absorbé dans le sol avec les liquides qui le tiennent en dissolution, et porté ensuite sur toutes les parties périphériques de la plante, par la circulation de la sève.

Toutes les parties du végétal ne sont pas aptes à devenir le siège de cette décomposition du gaz acide carbonique; celles dans lesquelles on l'observe sont: les feuilles, l'enveloppe cellulaire de l'écorce, la plupart des bractées et des calices, et dans quelques plantes les ovaires et les fruits. Si, au moment du contact de la lumière solaire avec une plante placée sous l'eau, on examine quelques unes des parties précédemment nommées, et particulièrement les feuilles, à l'exemple de Sennebier et de M. Dutrochet, on remarque que les bulles de gaz qui se dégagent de ces organes ne naissent point de leur superficie,

mais viennent de l'intérieur de leur parenchyme, et se filtrent, pour ainsi dire, à travers la pellicule transparente qui les revêt. Si l'on divise ces feuilles, ou si on les comprime, on en voit sortir les mêmes bulles en nombre variable. Cette observation nous montre que la réduction de l'acide carbonique de l'air ne s'accomplit point au dehors des végétaux, mais dans leur substance même, et, par conséquent, que toute décomposition de cet acide a pour phénomène préalable son absorption ; elle nous montre encore que, puisque les rayons chimiques de la lumière prédisent à cet acte de décomposition, ils doivent également pénétrer dans l'épaisseur de la couche colorée. Dès lors les éléments aptes à réagir entre eux se trouvent mis en présence ; dès lors aussi l'appareil réducteur, qui constitue l'organe respiratoire des végétaux, entre en mouvement ; cet appareil, comprenant toutes les parties vertes, s'étend sur la presque totalité de la périphérie du végétal : l'élément réductible est l'acide carbonique ; l'élément réducteur est le spectre chimique. Exposons les phénomènes qui accompagnent ou qui succèdent à la réaction mutuelle de ces deux éléments. Ces phénomènes sont les suivants : 1^o les rayons chimiques sont absorbés ; 2^o l'oxygène est exhalé dans l'atmosphère ; 3^o le carbone est retenu et fixé dans le végétal.

L'absorption des rayons chimiques de la lumière ne peut plus être mise en doute depuis la découverte importante de M. Daguerre ; on sait, en effet, que les images daguerriennes sont dues à l'impression des

radiations chimiques de la lumière : or, les parties vertes des végétaux, et tous les corps verts en général, ne sont point reproduits dans l'appareil daguerrien ; dès lors il faut admettre que les rayons chimiques de la lumière ne sont pas réfléchis par les surfaces qui affectent la couleur verte, qu'ils sont, au contraire, absorbés et retenus dans ces surfaces. Ce phénomène remarquable d'absorption nous explique pourquoi les parties vertes des végétaux, qui seules jouissent du privilége de fixer les rayons chimiques, sont aussi les seules qui possèdent le pouvoir de décomposer l'acide carbonique ; pourquoi, dans l'obscurité où ces rayons cessent d'intervenir, cette décomposition cesse de s'accomplir ; pourquoi enfin le pouvoir réducteur du spectre chimique offre de si grandes différences dans son intensité, suivant qu'il provient de la lumière solaire, de la lumière diffuse, de la lumière artificielle, de la lumière lunaire ou sidérale, ou bien de la lumière décomposée.

Les rayons chimiques de la lumière solaire sont ceux dont l'action présente le plus d'énergie ; les faits nombreux que nous avons cités pour établir la réalité de la décomposition du gaz acide carbonique par les végétaux, sont autant de preuves qui viennent à l'appui de cette assertion ; au-dessous de ces rayons on peut classer immédiatement, pour leur intensité, ceux que renferment les couleurs primitives violette et bleue. Tessier, qui le premier a eu l'heureuse idée de faire arriver la lumière sur les plantes à travers des verres bleus et des verres verts, a observé que

le seigle, le rhamnus, etc., soumis à ces expériences, devinrent verts au bout de quelques semaines, tandis que les plantes exposées aux rayons jaunes devinrent pâles et blanches comme celles qui vivent dans les ténèbres. D'après Sennebier, la couleur blanche fut toujours trouvée plus efficace pour verdir les plantes, que celle d'un seul des rayons colorés dont elle se compose; les rayons violets furent trouvés avoir plus d'énergie pour prévenir l'étiollement que les autres rayons de la lumière colorée. Ruhland a vu que les plantes exposées à la couleur jaune pâlissaient, que quelques unes perdaient complètement leur couleur. Cazzadori, dans un ouvrage publié en 1841, a confirmé les résultats obtenus par Sennebier, en ceci que le pouvoir de la lumière, pour colorer en vert les végétaux, est à un degré éminent dans les rayons violet et bleu, bien qu'il soit plus faible que dans la lumière ordinaire. M. Zantedeschi a observé, comme ces expérimentateurs, que la lumière violette a une puissance peu inférieure à celle de la lumière ordinaire pour verdir certains végétaux; mais que si l'on a égard à la vigueur de la végétation, elle est moins favorable que la lumière rouge. Surcow, après avoir fait sur ce sujet un grand nombre d'expériences, est arrivé à conclure que les couleurs violettes, bleues, vertes et rouges ont une grande influence sur les parties vertes des végétaux et sur leur nutrition, tandis que le jaune présentait un mode d'action analogue à celui de l'obscurité. Le fait le plus général qui ressort de ces

nombreux travaux est celui de la prédominance d'énergie des rayons violets et bleus sur les autres couleurs du spectre ; ce fait est en harmonie avec les notions que nous possédons aujourd'hui sur l'intensité respective des divers rayons du spectre chimique. Cependant Surcow, l'un des auteurs qui ont fait sur ce sujet le plus grand nombre de recherches, attribue une égale importance à l'action des rayons violet et rouge, dont l'influence est diamétralement opposée sous le point de vue de leur énergie ; d'une autre part, la plupart des expérimentateurs considèrent le rayon rouge comme jouissant d'une force qui active plus puissamment la végétation que les couleurs violettes. Cette dernière opinion est aussi en opposition, soit avec la loi qui régit l'influence décroissante du spectre chimique, soit avec le fait fondamental du développement des végétaux, qui est dû principalement à l'accumulation du carbone. Si les rayons violet, en effet, sont ceux qui agissent avec le plus d'activité sur les parties vertes des plantes, il en résulte qu'ils tiendront surtout sous leur dépendance la décomposition de l'acide carbonique, le dépôt du carbone dans le végétal, et par suite son accroissement ; ces rayons étant doués d'une influence plus prononcée, et les rayons rouges d'une influence moindre, on comprend difficilement comment les premiers pourraient borner leur action à verdir les végétaux, tandis que les seconds présideraient à leur développement. Les expériences entreprises pour faire connaître le degré d'intensité de chacune des cou-

leurs du spectre, n'ont donc pas conduit jusqu'à présent à des résultats bien satisfaisants; cet insuccès trouve en partie son explication dans le mode d'expérimentation qui a été mis en usage. La plupart des auteurs, en effet, n'ont point opéré avec les couleurs primitives du spectre lumineux; ils ont employé des liquides ou des verres colorés, qui rarement ne transmettent que les seuls rayons relatifs à leur coloration propre; et lorsque ces substances réunissent cette dernière condition, elles offrent une teinte très foncée, qui a pour inconvénient de ne laisser passer qu'une partie des rayons. En résumé, ces expériences ne sont pas suffisamment concluantes; il est à désirer qu'elles soient répétées, non avec des verres colorés, mais avec les couleurs mêmes du spectre solaire.

En continuant de descendre l'échelle d'intensité du fluide lumineux, nous sommes conduit à examiner l'influence de plus en plus faible de la lumière diffuse, de la lumière artificielle et de la lumière réfléchie.

La lumière diffuse est favorable à la vie végétale; un grand nombre de plantes vivent et même prospèrent à l'ombre; telles sont celles qui se développent dans les bois touffus, ou aux pieds des arbres dont le feuillage s'étale sur une large surface, et pour lesquelles ce feuillage constitue un écran permanent: or, puisque ces plantes se développent, il est permis de penser que leurs évolutions demeurent assujetties aux mêmes lois, c'est-à-dire qu'elles décomposent

aussi l'acide carbonique, exhalent l'oxygène et retiennent le carbone. Ces prévisions de la théorie ont été pleinement confirmées par les expériences de Th. de Saussure, sur les plantes marécageuses, telles que la persicaire et la salicaire, qu'il a vues dégager un peu d'oxygène dans une atmosphère d'azote, à une lumière faible et diffuse, tandis qu'elles ne dégagnaient rien à une obscurité totale. Cet observateur a aussi reconnu que les plantes privées de tout moyen de décomposer l'acide carbonique périssaient promptement; celles qui ont pu croître à l'ombre jouissent donc de cette faculté. Ces faits nous autorisent à conclure que la décomposition du gaz acide carbonique peut avoir lieu en l'absence des rayons solaires; mais alors elle s'opère dans de faibles proportions; de là résulte, pour les plantes qui vivent constamment à l'ombre, un accroissement difficile et incomplet qui ne leur permet jamais d'atteindre les grandes dimensions des végétaux placés dans une condition opposée; de là la presque impossibilité, lorsque la mort vient frapper un arbre séculaire au milieu de ces plantations symétriques inspirées par le luxe de l'horticulture, de le remplacer par un arbre nouveau; la jeune tige, constamment soustraite à l'influence excitante du rayonnement solaire, languit et succombe le plus souvent.

La lumière artificielle (lumière des lampes) agit sur la nutrition des végétaux de la même manière que la lumière diffuse, mais à un plus faible degré; de Candolle ayant exposé des plantes étiolées à

l'action de six lampes, parvint à leur rendre leur couleur verte. Ce résultat semble accuser la décomposition de l'acide carbonique et l'exhalation d'une certaine quantité d'oxygène; cependant le dégagement de ce dernier gaz n'a pu être constaté; mais il est probable qu'il avait eu lieu et que sa minime quantité l'avait seule dérobé à l'observation; car il a été aperçu par d'autres expérimentateurs; Sennebier, après avoir exposé des feuilles de pêcher à la lumière artificielle des lampes, a reconnu qu'elles avaient exhalé de l'oxygène et de l'azote; Chaptal, en répétant les mêmes expériences, a observé un dégagement de gaz oxygène et de gaz acide carbonique; mais le premier de ces deux gaz avait été exhalé en très faible quantité.

La lumière lunaire peut-elle modifier la nutrition des végétaux, et devenir l'agent de l'accumulation du carbone dans leur substance? Un grand nombre d'auteurs ont cherché à résoudre cette question, qui offrait un haut intérêt; la lumière lunaire s'irradiant en effet sur l'horizon au moment où le soleil l'abandonne, on pouvait penser qu'elle le suppléait en partie dans son influence; cependant les expériences entreprises sur ce sujet ont conduit à des résultats négatifs. Limbourg, Ingenhousz, Tessier, de Candolle, Chaptal, en concentrant à l'aide de lentilles les rayons de la lune sur des plantes étiolées, n'ont pu parvenir à donner à ces plantes une couleur verte.

Pour mettre plus complètement en évidence les modifications que la lumière imprime à la vie végé-

tale, il nous reste à opposer à ces modifications celles qui surviennent dans les plantes en l'absence totale de cet agent, c'est-à-dire durant l'obscurité. Pendant la nuit, les parties vertes des végétaux cessent de décomposer le gaz acide carbonique; il n'y a plus d'oxygène exhalé, plus de carbone déposé; l'appareil réducteur, constitué par les parties vertes, contient encore du gaz acide carbonique qui lui est apporté par la circulation de la sève; mais les rayons chimiques de la lumière manquent, dès lors toute réaction devient impossible, et les parties vertes infiltrées de ce gaz le laissent se tamiser en quelque sorte à travers leurs parenchymes, en l'abandonnant à l'air atmosphérique; gaz oxygène emprunté à l'acide carbonique décomposé, et exhalé dans l'atmosphère, tel est le résultat essentiel de l'impression de la lumière sur le règne végétal; acide carbonique emprunté au sol, disséminé par la sève sur toute la périphérie de la plante, et rejeté dans l'air ambiant, tel est le phénomène le plus important que nous présente le même règne en l'absence de cet agent. Cette exhalation du gaz acide carbonique emprunté tout formé au sol, et ensuite filtré par les plantes, est un fait mis aujourd'hui hors de toute contestation. Il suffit, pour le démontrer, de rapporter cette expérience de Spallanzani, répétée par Sennebier, et, depuis, par un grand nombre d'auteurs : Les plantes placées à l'obscurité dans une atmosphère de gaz azote, ou de gaz hydrogène, dégagent de l'acide carbonique. M. Boucherie a vu s'échapper du tronc coupé des arbres en pleine sève

des quantités énormes d'acide carbonique, évidemment aspiré par les racines. Dans une leçon mémorable (20 août 1841), M. Dumas n'a pas hésité à admettre complètement ce fait, ainsi que l'attestent les paroles suivantes : « On dit que les plantes produisent de l'acide carbonique pendant la nuit; il faut dire que les plantes, en pareil cas, laissent passer l'acide carbonique emprunté au sol. » Mais ce gaz, exhalé pendant la nuit, provient-il exclusivement du sol? Cette opinion est peu vraisemblable; on sait en effet que les parties d'un végétal, exposées à l'obscurité, dans un récipient rempli d'air atmosphérique, n'ont pas seulement pour effet d'augmenter la quantité d'acide carbonique contenu dans l'air du récipient; elles absorbent une petite quantité de son oxygène; cette quantité d'oxygène absorbé varie selon les plantes. Th. de Saussure, auquel on doit ces découvertes, a dressé le tableau des inspirations de gaz oxygène, opérées en 24 heures à l'obscurité totale par diverses feuilles, en prenant toujours le volume de la feuille pour unité; il a remarqué que les plantes grasses et les plantes de marais sont celles qui absorbent le moins d'oxygène; que les arbres en consument en général plus que les herbes, et les arbres à feuilles caduques plus que ceux à feuilles persistantes. Les extrêmes de ses expériences ont été, d'un côté, l'alismaplantag o, qui n'a absorbé que 70/100 de son volume; de l'autre, l'abricotier, le hêtre, qui ont absorbé huit fois leur volume. Ce gaz oxygène, inspiré par les parties vertes des plantes pendant la nuit, n'y

reste point à l'état élastique, car ni la chaleur ni la pompe pneumatique ne le font dégager; il ne s'incorpore pas dans la partie solide de la plante elle-même, puisque l'action solaire l'en dégage facilement; il paraît donc qu'à l'époque de l'inspiration il s'unit avec le carbone déposé dans les cellules des parties vertes, qu'il y forme de l'acide carbonique pendant la nuit, lequel peut se mêler à celui qu'apporte la sève, et s'exhaler avec lui en totalité, ou séjourner en partie dans le parenchyme des feuilles jusqu'au moment où la lumière le décomposera. L'expérience suivante donne une très grande vraisemblance à cette opinion: Spallanzani a introduit des plantes dans une atmosphère de gaz hydrogène, et a observé qu'elles exhaloient la nuit une extrême quantité de gaz acide carbonique; d'autres plantes semblables, placées la nuit sous un récipient plein d'air commun, ont aussi exhalé le même acide, mais constamment la quantité en a été plus considérable. En face de ce fait important, cet habile expérimentateur n'a pas hésité à conclure que le gaz acide carbonique exhalé par les plantes dans l'air commun est en partie produit aux dépens de l'oxygène de l'air; ainsi l'acide carbonique qui fournit l'oxygène exhalé pendant le jour, et l'acide carbonique exhalé pendant la nuit, proviendraient l'un et l'autre d'une double source.

Tels sont les phénomènes chimiques essentiels qui se passent dans les parties vertes des végétaux en la présence et en l'absence de la lumière. Il n'est

pas sans intérêt de rechercher si des phénomènes analogues ont lieu dans les parties qui ne sont pas vertes et que les botanistes désignent sous le nom de parties colorées ; nous examinerons ensuite quelles sont les conséquences pour la vie végétale de ces deux séries de phénomènes.

Les parties dites colorées sont les racines, les troncs âgés, les pétales, les étamines, les feuilles et les fruits colorés; elles ont toutes pour effet commun de décomposer l'air atmosphérique, et d'attirer le gaz oxygène qui se combine dans leur substance avec une partie de leur carbone, et retourne ensuite dans l'atmosphère métamorphosé en acide carbonique. Citons quelques faits : 1^o Th. de Saussure a mis des racines de jeunes marronniers en contact avec divers gaz, et a vu que les individus dont les racines plongeaient dans des gaz privés d'oxygène libre mourraient au bout de peu de jours, tandis que celles qui plongeaient dans l'air atmosphérique prospéraient; celles-ci diminuaient la quantité du gaz oxygène, et formaient avec lui et leur propre carbone une quantité correspondante d'acide carbonique, qui se dissout en partie dans l'eau ambiante, et est en partie entraîné par la sève. 2^o Les branches dépouillées de leur écorce présentent les mêmes résultats; le corps ligneux forme de même de l'acide carbonique aux dépens de son carbone et de l'oxygène de l'air; cet effet est plus rapide au soleil qu'à l'ombre. 3^o Les fleurs ne se développent pas, non plus que les bourgeons, sous des récipients dont

l'air est privé d'oxygène ; mais sous l'air atmosphérique elles suivent le cours ordinaire de leur végétation. Dans ces expériences, elles font disparaître l'oxygène de l'air, qui se change en acide carbonique au moyen de leur carbone, retiennent dans leur tissu une petite partie de cet acide carbonique, et le remplacent par une exhalaison de gaz azote. Cette exhalaison a varié dans diverses fleurs entre 1/500 et 45/500 de leur volume. Th. de Saussure a de plus observé que la consommation du gaz oxygène par les fleurs est un peu plus prompte au soleil qu'à l'ombre. 4° Les fruits verts se conduisent comme les feuilles, et les fruits mûrs et colorés comme les fleurs. En résumé, les fleurs, soit pendant le jour, soit pendant la nuit, mais plus spécialement sous l'influence solaire, décomposent l'air qui les entoure, s'emparent de son oxygène, le combinent avec leur carbone, et rejettent dans l'atmosphère cet acide carbonique. On voit donc que les phénomènes chimiques qui s'accomplissent sous l'influence de la lumière, dans les parties vertes et dans les parties colorées des végétaux, sont diamétralement opposés : tandis que les premières recherchent avec avidité l'acide carbonique pour y puiser le carbone et l'accumuler dans le tissu du végétal : les secondes attirent l'oxygène de l'air pour lui céder leur carbone et le repousser au dehors ; en un mot, l'acte chimique dont les parties vertes sont le siège est une carbonisation, et celui qui se produit dans les parties colorées une décarbonisation. Le premier est soumis à

la vie végétale et au pouvoir des rayons chimiques de la lumière ; le second est indépendant de la vie : car il continue de s'accomplir après l'extinction de celle-ci , indépendant aussi du spectre chimique : car toutes les parties colorées font impression sur le daguerréotype, et il s'opère à la fois le jour et la nuit. Le carbone étant introduit par les parties vertes , et éliminé par les parties colorées, il s'ensuit qu'il existe dans les végétaux deux forces antagonistes , qui tendent mutuellement à se paralyser dans les effets qu'elles produisent. Mais ces deux forces sont loin d'être égales ; l'une , celle qui réside dans les parties vertes , est incomparablement prépondérante, en sorte qu'il entre dans les plantes plus de carbone qu'il n'en sort. Ces faits permettent d'apprécier avec quelque exactitude l'influence eu-diométrique de la respiration végétale sur l'air que nous respirons. Les végétaux vicent cet air: 1° en absorbant constamment, par leurs parties colorées, et pendant la nuit par leurs parties vertes, une partie de son oxygène; 2° en augmentant la quantité de son acide carbonique, soit par l'émission de celui que les fleurs forment à l'aide de l'oxygène de l'air et de leur carbone , soit par l'exhalation de celui qui se filtre à travers la couche verte dans l'obscurité. D'un autre côté, les végétaux purifient cet air en dégageant pendant le jour une quantité notable de gaz oxygène. De ces deux effets, le dernier l'emporte sur le premier, car la totalité de la végétation a pour effet d'accroître la quantité de carbone fixée.

dans le végétal : or, aucune molécule de carbone ne s'y fixe sans qu'une quantité correspondante de gaz oxygène soit libérée dans l'air. L'expérience confirme cette opinion. Ainsi Th. de Saussure a introduit dans un ballon fermé, plein d'air atmosphérique, une branche chargée de feuilles qui tenait au tronc, dont les racines plongeaient dans le sol. Il a vu qu'au bout de deux ou trois semaines, l'air du ballon contenait une quantité de gaz oxygène libre plus grande qu'avant l'expérience. La respiration végétale, placée sous la dépendance de la lumière, tend donc à faire prédominer l'oxygène dans l'air atmosphérique ; tandis que la respiration animale, au contraire, tend à y faire prédominer l'acide carbonique. Comme les animaux respirent toujours, comme les plantes ne respirent que sous l'influence solaire, comme en hiver la terre est dépouillée, tandis qu'en été elle est couverte de verdure, on a cru, observe M. Dumas, dans son *Essai sur la statique des êtres organisés*, que l'air devait traduire toutes ces influences dans sa constitution ; que l'acide carbonique devait augmenter la nuit et diminuer le jour, l'oxygène suivre une marche inverse, et l'un et l'autre varier dans leur exhalation suivant le cours des saisons. « Tout cela est vrai et très sensible pour une portion d'air limitée et confinée sous une cloche, ajoute ce célèbre professeur ; mais dans la masse de l'atmosphère toutes ces variations locales se confondent et disparaissent. Il faut des siècles accumulés pour que cette balance des deux règnes, au sujet de la

composition de l'air, puisse être mise en jeu d'une manière efficace et nécessaire ; nous sommes donc loin de cette variation journalière ou annuelle qu'on était disposé à regarder comme aussi facile à observer qu'à prévoir. »

Ces phénomènes, liés à la respiration végétale, nous paraissent s'opérer soit sous l'influence exclusive du spectre chimique, soit sous l'influence combinée des spectres chimique et lumineux. Nous disons sous l'influence combinée de ces deux spectres; car, bien que des faits multipliés nous fassent incliner vers la première opinion, nous devons reconnaître qu'il y aurait quelque témérité peut-être à l'adopter d'une manière absolue ; si ces deux spectres, en effet, ont été isolés dans les expériences physiques qui ont permis de constater les propriétés de chacun d'eux, ils ne l'ont pas été (du moins d'une manière suffisamment concluante) dans celles qui ont été entreprises pour déterminer l'influence de la lumière sur les êtres vivants ; la théorie indique nettement que tous ces phénomènes doivent être rapportés aux irradiations chimiques de la lumière ; mais l'expérimentation nous laisse dans le doute sur ce point, et, jusqu'au moment où elle viendra le dissiper, nous comprenons qu'un esprit sévère juge convenable de ne point séparer, dans la production de ces phénomènes, l'influence des deux spectres chimique et lumineux.

Il existe, avons-nous dit dans les considérations physiques qui servent d'introduction à cette thèse,

trois ordres d'irradiations secondaires dans tout rayon lumineux; nous venons de faire la part des irradiations éclairante et chimique; pour compléter l'histoire de l'influence de ce rayon envisagé dans son état d'intégrité, et tel que la nature nous le présente, il nous reste à faire celle des irradiations calorifiques, c'est-à-dire à examiner si, lorsque ces dernières agissent conjointement avec les précédentes, elles peuvent ajouter ou retrancher quelque chose à leur action. La chaleur jouissant au plus haut degré de la propriété de favoriser la réaction des corps qui ont entre eux de l'affinité, on est porté à penser *à priori* qu'elle doit être également favorable à l'accomplissement des phénomènes chimiques qui se passent dans les végétaux sous l'influence de la lumière. Et, en effet, Sennebier a remarqué que plus la lumière solaire communique de chaleur à l'eau, plus les feuilles fournissent d'oxygène; on voit alors de fort belles bulles s'élever de la feuille, tandis qu'elles sont petites lorsque la chaleur est faible; il a démontré, par des expériences nombreuses et concluantes, que la chaleur agissant isolément de la lumière solaire, dégage très peu ou point de gaz oxygène. Toutes ces expériences peuvent être résumées dans la suivante: une feuille de pêcher plongée dans l'eau commune acidulée avec l'acide chlorhydrique et exposée au soleil à une température de 36 degrés donna vingt mesures d'oxygène, tandis qu'une feuille semblable plongée dans une eau également acidulée et placée à l'abri du soleil sur une

croisée ne donna pas une bulle d'oxygène , bien que la température s'elevât à trente degrés; celle-ci donna de l'oxygène comme la précédente , dès qu'on laissa arriver sur elle la lumière solaire. Spallanzani affirme que le dégagement du gaz oxygène pendant le jour, et celui du gaz acide carbonique pendant la nuit , diminuent dans leur quantité à mesure que la température s'abaisse , et qu'ils cessent d'être exhalés à $5^{\circ} 1/2$. Les rayons calorifiques favorisent donc dans leur action les rayons éclairant et chimique de la lumière ; mais leur influence sur ces derniers est-elle tellement importante que ceux-ci ne puissent agir en leur absence? nous répondrons négativement à cette question ; en effet , les plantes aquatiques placées à une certaine profondeur vivent dans un milieu très mauvais conducteur dont la température demeure sensiblement égale le jour et la nuit : pendant la présence du soleil sur l'horizon et pendant son absence , les couches liquides qui recouvrent ces plantes constituent donc pour elles une sorte d'écran qui intercepte les rayons calorifiques de la lumière solaire , et qui ne laisse arriver à leur surface que les irradiations éclairante et chimique : or, sous la seule influence de ces deux espèces de rayons , on voit ces plantes croître et prospérer ; par conséquent elles respirent : en d'autres termes , elles sont le siège de tous les phénomènes chimiques que nous présentent les végétaux soumis à l'influence réunie des trois ordres d'irradiations. Bien plus, Sennebier a vu l'hebleore fétide et les mousses dégager ce même gaz au

soleil sous une eau recouverte d'une couche de glace; dans ce dernier cas, assurément, les rayons calorifiques du soleil ne pénétraient pas jusqu'à la plante; et, puisque l'exhalation de l'oxygène a eu lieu sous la seule influence des irradiations éclairante et chimique, il faut bien reconnaître que celles-ci sont indépendantes dans leur action des irradiations calorifiques; le rôle de ces dernières, lorsqu'elles unissent leur influence à celle des deux autres, se réduirait donc à en favoriser, à en accroître l'intensité. On pourrait objecter à cette conclusion que la lumière lunaire, qui ne donne aucun indice de chaleur aux thermomètres les plus sensibles, et qui paraît composée seulement du spectre lumineux et du spectre chimique, est impuissante à produire les phénomènes de la respiration végétale; mais cette impuissance tient-elle à l'absence des rayons calorifiques ou à la constitution débile (si je puis m'exprimer ainsi) des rayons éclairants et chimiques de la lumière lunaire? Cette dernière opinion nous paraît plus vraisemblable, en sorte que nous dirons que cette lumière n'est pas impuissante, mais seulement insuffisante pour donner naissance à ces phénomènes respiratoires.

Nous avons vu que l'absorption, par les parties vertes d'un végétal, des rayons chimiques de la lumière, paraît être la cause principale de l'accumulation du carbone dans sa substance; ce carbone semble se déposer d'abord dans les cellules qui constituent la couche verte de toutes les plantes; de sorte

que ces cellules peuvent être considérées comme le point où aboutissent à la fois l'élément carbonique emprunté à l'atmosphère et l'élément chimique emprunté à la lumière; la coloration verte paraît résulter du conflit de ces deux éléments; aucune partie de la plante, en effet, ne possède une plus grande quantité de carbone; aucune autre n'absorbe les rayons chimiques; et la coloration verte est d'autant plus prononcée que la plante est plus exposée aux rayons du soleil, c'est-à-dire qu'elle absorbe plus de carbone et de rayons chimiques. Cette double absorption est donc la condition essentielle de cette coloration, qui diminue d'autant plus d'intensité que les plantes sont plus rarement visitées par le soleil ou soumises à l'influence continue de la lumière diffuse, et devient complètement blanche dans celles qu'entourent une obscurité permanente. Si l'on abrite partiellement une plante, comme Mustel l'a fait sur un laurier, contre l'action des rayons solaires, les parties qui se développent sous cet abri restent blanches ou un peu jaunâtres, tandis que toutes les autres verdissent comme à l'ordinaire. Mais comment la présence simultanée du carbone et des irradiations chimiques de la lumière, dans les cellules des parties vertes, peut-elle donner naissance à la couleur qui leur est propre? Plusieurs auteurs ont tenté de résoudre ce problème difficile. Mustelet Sennebier disent que le carbone n'est pas noir, mais bleu; et M. Chevreul admet aussi que le carbone, très divisé dans l'eau, et vu par transmission, paraît bleu. De là l'expli-

cation suivante : le tissu de la plante est jaune, le carbone est bleu ; or le jaune et le bleu sont les deux couleurs composantes du vert. Sennebier a cherché à appuyer sur l'expérience cette théorie de la coloration verte des végétaux ; il a mélangé dans de l'eau du charbon et de la gomme-goutte pulvérisés, et le mélange a revêtu une couleur verte. Mais à cette explication mécanique nous préférons celle qu'on peut emprunter à l'observation des réactions chimiques ; tous les jours nous voyons, à la suite de ces réactions, les corps composés affecter une couleur tout-à-fait indépendante de celles des corps composants ; il est probable qu'un phénomène semblable se produit pendant la combinaison du carbone avec les autres principes qui entrent dans la composition des cellules de la couche verte des végétaux.

La couleur verte des plantes étant liée d'une manière intime à leur respiration, l'intensité plus ou moins grande qu'elle présente traduit en quelque sorte à l'extérieur l'énergie vitale de celle-ci ; très prononcée, elle indique une décomposition facile du gaz acide carbonique, une accumulation abondante de carbone dans le tissu du végétal, une nutrition active, une vitalité puissante, avantages qui entraînent à leur suite une plus grande émanation de particules odorantes et une saveur plus vive ; faible, elle laisse supposer une respiration incomplète, et trahit un état de souffrance qui a été désigné sous les noms de pâleur, de chlorose, mais qui est plus généralement connu sous celui d'étiollement. Ce fut

le botaniste Jean Ray qui, le premier parmi les modernes, fit quelques observations sur cet état maladif des végétaux ; Ch. Bonnet constata que l'étiollement était dû à l'obscurité ; Meese et Sennebier en analysèrent les divers phénomènes. Les plantes étiolées sont plus ou moins pâles, et même entièrement décolorées ; elles contiennent une minime quantité de carbone, qui est, en quelque sorte, délayée dans l'eau qui imbibé leur tissu. Si on les expose à la lumière solaire, elles décomposent peu à peu le gaz acide carbonique, absorbent le carbone, se colorent, et parviennent graduellement à cet état de verdure qui caractérise la santé dans les végétaux.

§ II.

Décomposition de l'eau et des produits azotés.

« De même, dit M. Dumas, que les plantes décomposent l'acide carbonique pour s'approprier son carbone ; de même, et pour certains produits qu'elles forment en moindre abondance, les plantes décomposent l'eau et en fixent l'hydrogène. » Le fait le plus concluant que l'on puisse citer comme preuve de cette décomposition est l'expérience précédemment rapportée de M. Boussingault sur la végétation des pois dans un sable épuré et arrosé d'eau distillée. Dans cette expérience, l'hydrogène ne pouvait venir que de l'eau, car la plante ne recevait pas d'autre produit hydrogéné. Ce gaz n'est pas toujours fixé en totalité ; dans quelques circonstances il est en partie exhalé.

Spallanzani, le premier, observa cette exhalation, dont il place la source dans les étamines des fleurs. Sennebier confirma cette observation, et reconnut la nature inflammable de l'atmosphère des fleurs de la fraxinelle. Comme l'influence de la lumière sur cette décomposition de l'eau n'a pas encore été étudiée, nous devons nous borner à la simple énonciation de ce fait.

Pendant sa vie toute plante fixe de l'azote. M. Boussingault a prouvé par de nombreuses expériences que certaines plantes, comme les topinambours, empruntent à l'air une grande quantité d'azote; que d'autres, comme le froment, ont au contraire besoin de tirer tout leur azote des engrais. Mais la science ne possède aucun fait relatif à l'influence de la lumière sur la décomposition de ces produits azotés.

ARTICLE II.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR L'ABSORPTION DES LIQUIDES PAR LES RACINES DES VÉGÉTAUX.

L'absorption ou succion que les racines des végétaux exerce sur les liquides environnants reçoit de la lumière solaire une influence remarquable. Si l'on prend, à l'exemple de Candolle, une plante pourvue de ses feuilles, et que, ayant plongé ses racines dans un vase plein d'eau, on l'expose successivement à l'obscurité, à la lumière du jour, et au soleil, on observe que les racines n'absorbent que très peu dans l'obscurité, qu'elles absorbent davant-

tage à la lumière du jour, et beaucoup plus encore au soleil. On obtient des résultats semblables, lorsqu'au lieu d'opérer successivement sur la même plante, on opère simultanément sur trois plantes de même espèce, de même force et de même grandeur, qu'on expose, l'une à l'obscurité, l'autre à la lumière du jour, et la troisième au soleil. La quantité d'eau absorbée varie suivant les espèces, les individus et les saisons; mais c'est constamment pendant que la plante est au soleil que la succion des racines est plus active. Les rayons solaires peuvent être redérvables de cette influence à leur partie calorifique, ou bien à leur partie lumineuse; nous sommes disposé à penser que la chaleur, dans cette circonstance, joue un rôle plus important que la lumière. Pendant leur exposition aux rayons du soleil, les plantes, en effet, sont le siège d'une évaporation plus abondante; il y a alors soustraction de liquide dans les parties supérieures du végétal; et de là vraisemblablement un mouvement ascensionnel plus rapide de la sève, mouvement qui se communique de proche en proche jusqu'aux racines, et explique la succion plus énergique de celles-ci.

ARTICLE III.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR L'EXHALATION DES VÉGÉTAUX.

Des expériences nombreuses ont été faites pour évaluer la part que le fluide lumineux prend à l'accomplissement de cette fonction, comparée par

Hales à la transpiration insensible des animaux. Tantôt après avoir choisi trois plantes , ou trois branches de plantes de même espèce , semblables pour la grandeur , la force , le nombre des feuilles , on les a placées dans autant de vases clos qu'on exposait pendant le même temps , l'un à l'obscurité , l'autre à la lumière du jour , et le troisième au soleil ; on pouvait ainsi recueillir et peser directement la quantité d'eau évaporée dans chacune de ces trois conditions ; tantôt on opérait à l'air libre , et la différence du poids pris avant et après l'expérience servait à l'évaluation de la quantité d'eau évaporée . Les résultats ont toujours été les mêmes : les plantes exposées au soleil ont perdu une très grande quantité d'eau ; celles qui ne recevaient que la lumière du jour en ont moins perdu ; et celles qui étaient dans l'obscurité n'en ont presque pas perdu , tant qu'elles ne commençaient pas à s'altérer. Dans une expérience que Hales continua pendant quinze jours sur un pied d'*helianthus annuus* , la quantité d'eau exhalée pendant douze heures du jour fut , terme moyen , de 600 grammes ; elle ne fut que de 90 grammes pendant la nuit. Tout semble indiquer que la chaleur est la cause principale de cette évaporation ; et en effet , Hales a remarqué que par un jour sec et chaud elle s'éleva jusqu'à 900 grammes , et devenait insensible quand la nuit était fraîche et humide.

Cependant la lumière ne paraît pas demeurer complètement étrangère à l'accomplissement de cette fonction , car Sennebier l'a vue se suspendre subite-

ment lorsqu'on faisait passer la plante dans une obscurité complète; il a aussi remarqué que l'action de la lumière artificielle sur l'exhalation de la plante était analogue à l'action du jour; de plus, de Candolle a reconnu qu'un linge, une feuille de papier placée entre la plante et la lumière artificielle, suffisent pour faire diminuer l'exhalation d'une manière sensible. Cette influence de la lumière unie à celle de la chaleur nous explique pourquoi les plantes augmentent de poids pendant la nuit; pourquoi leurs particules odorantes et sapides, étendues d'une plus grande quantité d'eau, sont alors moins sensibles; pourquoi, lorsque leur séjour dans l'obscurité est trop prolongé, elles sont quelquefois le siège d'une infiltration aqueuse qui simule une véritable hydropisie.

ARTICLE IV.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA DIRECTION DES TIGES.

L'observation a depuis longtemps démontré que la plupart des jeunes tiges se dirigent vers les points les plus vivement éclairés; un très grand nombre de faits démontrent cette tendance des plantes vers la lumière; nous en citerons seulement quelques uns, et nous les emprunterons à l'excellent mémoire que M. Payer a publié sur ce point de physiologie végétale. 1^e Toutes les fois qu'on fait germer une plante dans un appartement éclairé par une seule fenêtre, ou dans une boîte à une seule ouverture, la jeune tige, au lieu de s'élever perpendiculairement du sol,

comme cela lui arrive toujours à ciel découvert ou dans l'obscurité complète, s'incline vers la fenêtre en restant toujours droite. 2° Si, au lieu d'être placées dans une boîte à une seule ouverture, les jeunes plantes sont mises dans une boîte à deux ouvertures, et partant reçoivent l'action de la lumière dans deux directions différentes, des phénomènes non moins curieux se présentent. Ces deux ouvertures peuvent se trouer sur le même côté de la boîte, de manière que les rayons qu'elles laissent entrer fassent entre eux un angle plus ou moins aigu, ou être placées l'une vis-à-vis de l'autre. Dans le premier cas, lorsque l'intensité des deux lumières est égale, la tige se courbe dans la direction de la résultante; mais lorsque cette intensité est inégale, la tige ne se courbe plus dans la direction de la résultante, mais bien dans la direction de la lumière la plus intense. Dans le second cas, l'intensité est-elle égale, la plante, sollicitée également de part et d'autre, ne se courbe ni d'un côté ni de l'autre. Cette intensité est-elle au contraire inégale, elle se courbe du côté de la plus grande lumière.

Ce phénomène de l'infexion des tiges du côté des rayons solaires n'est pas constant; quelques plantes, parmi lesquelles il faut surtout citer le gui, le lierre et la plupart de celles qui croissent en s'enroulant autour d'un support, présentent dans leur direction une tendance contraire. Comment expliquer la production de ces deux phénomènes opposés, sous l'influence d'un même agent? De Candolle, se préoccu-

pant surtout du fait général, crut en trouver la véritable interprétation dans le mécanisme de la respiration végétale. Dans une plante inégalement éclairée, le côté le plus exposé à la clarté, suivant ce grand naturaliste, décompose plus d'acide carbonique, fixe plus de carbone dans son tissu, et par conséquent doit se solidifier plus promptement; en outre, du côté lumineux, l'exhalation est plus abondante; dès lors, les fibres étant plus solides et moins abreuvées de sucs de ce côté, plus molles et plus chargées de liquides du côté opposé, les premières doivent s'allonger moins, et les secondes un peu plus; et comme les deux côtés d'une branche sont inséparables, le sommet de la tige doit s'incliner du côté qui s'allonge le moins, c'est-à-dire du côté de la lumière. Dans cette théorie simple et ingénieuse, on voit que le côté éclairé serait courbé passivement par l'elongation plus grande du côté obscur, qui serait le seul agent de la flexion de la tige. Cependant si, à l'exemple de M. Dutrochet, on prend une jeune tige de luzerne qui soit profondément fléchie vers la lumière, et qu'on la fende en deux, de manière à séparer celui de ses côtés qui était dirigé vers la lumière, ou le côté éclairé: du côté opposé, ou obscur, on voit, à l'instant de cette division, le côté éclairé se courber beaucoup plus profondément, et le côté obscur se relever. Par conséquent, le côté éclairé était l'agent de la flexion. Si l'on répète cette expérience sur la tige des plantes qui fuient la lumière, on obtient un résultat opposé. M. Dutrochet, ayant

fendu une jeune tige de lierre, a vu le côté obscur se courber davantage, et le côté éclairé se redresser. Ces expériences sont contraires à la théorie de de Candolle, qui a de plus l'inconvénient de ne pas s'appliquer à tous les faits connus. M. Dutrochet, après avoir montré l'insuffisance de cette théorie, en a proposé une autre, dont les applications seraient plus générales ; nous laisserons l'auteur en faire l'exposition : « Chez les tiges qui se flétrissent vers la lumière, l'écorce tend à se courber vers le dedans ; chez celles qui flétrissent en sens inverse de l'afflux de la lumière, l'écorce tend à se courber vers le dehors. Cette courbure est, dans l'un et l'autre cas, l'effet de la turgescence cellulaire : tant que l'écorce possède dans tout son pourtour une force égale d'incurvation, la tige demeure droite, parce que toutes les forces antagonistes d'incurvation se font équilibre ; mais s'il survient un affaiblissement à cette force d'incurvation de l'écorce , à l'un des côtés de la tige, celle-ci est alors fléchie par l'action d'incurvation de l'écorce du côté opposé, lequel n'a point éprouvé d'affaiblissement. Or, on sait que la lumière augmente la transpiration végétale; elle diminue par conséquent la turgescence des cellules de l'écorce qu'elle frappe ; elle occasionne donc par cela même la diminution de la force d'incurvation de cette écorce ; et si cette dernière tend à se courber vers le dedans ou vers le centre de la tige , cette force d'incurvation étant affaiblie par la lumière au côté éclairé de la tige , et le côté obscur de cette même tige ayant con-

servé toute sa force d'incurvation, l'équilibre se trouve rompu.» D'après cet exposé, on voit que l'inflexion des tiges, soit du côté de la lumière, soit du côté opposé, dépendrait d'une cause purement physique, de l'évaporation; en d'autres termes, la tendance qu'éprouvent les plantes à se diriger vers la lumière ou à la fuir, serait sous la dépendance des rayons calorifiques de la lumière solaire, et non sous celle des radiations lumineuses proprement dites.

ARTICLE V.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LES MOUVEMENTS DES FLEURS ET DES FEUILLES.

Bien que l'influence de la lumière soit ici beaucoup moins générale que celle qu'elle exerce sur le mouvement insensible ou la direction des tiges, et surtout sur les phénomènes nutritifs, cependant des expériences positives l'ont mise hors de toute contestation. C'est ainsi que de Candolle ayant soumis, pendant la nuit, des belles-de-nuit à une vive lumière artificielle, tandis que pendant le jour il les plaçait dans l'obscurité, troubla d'abord la régularité de leur fleuraison, et finit enfin par changer complètement les heures de leur sommeil, c'est-à-dire qu'elles dormaient pendant la nuit, veillaient pendant le jour. Cette expérience ingénieuse, jointe aux rapports presque constants qu'ont les mouvements de certaines fleurs avec le coucher et le lever du soleil, jointe aussi aux expériences qui montrent que

ni l'atmosphère ni la chaleur ne sont la cause de ces mouvements, nous prouve qu'ils sont, sinon totalement, au moins en grande partie sous l'influence de la lumière. A l'appui de cette conclusion, quelques auteurs citent les mouvements si remarquables des plantes aquatiques, qui se redressent et se montrent à la surface de l'eau lorsque le soleil est sur l'horizon, et rentrent dans ce liquide dès qu'il a disparu. Mais on sait que ce phénomène dépend des bulles de gaz oxygène qui se dégagent dans les parties vertes de la plante, et qui, rendant le sommet de celle-ci spécifiquement plus léger, l'obligent à se redresser; ces mouvements dépendent donc d'une cause purement physique et toute spéciale, qui ne peut ni appuyer ni infirmer la conclusion précédente. Cette influence est en quelque sorte accidentelle; beaucoup de fleurs paraissent, pendant toute la durée de leur existence, absolument soustraites à l'action du fluide lumineux, et quelquesunes se meuvent sous l'influence de causes diverses, telles que l'humidité et les phénomènes météoriques.

Quant aux mouvements des feuilles, ils sont, plus généralement que ceux des fleurs, sous l'influence de la lumière; leur sommeil à la chute du jour, leur réveil à l'aurore est un fait beaucoup plus commun que les phénomènes semblables des fleurs. M. Dutrocheta montré par des expériences directes que la sensitive, non seulement perd ses mouvements spontanés dans l'obscurité, mais encore y épouse ses propriétés motrices, de sorte qu'au bout de cinq jours,

elle ne se met plus même à la lumière ; si on la laisse quelque temps exposée aux rayons solaires ; ses facultés motrices reparaissent promptement ; elles reparaissent encore , mais plus lentement , lorsque la plante est exposée à la lumière diffuse. Cette expérience prouve donc à la fois que la lumière tient sous sa dépendance et les mouvements de la sensitive , et la force qui les produit. Mais d'autres plantes , telles que quelques axalidées , n'ont éprouvé aucune modification dans les mouvements de leurs feuilles , sous l'influence des perturbations d'éclairement , et semblent en conséquence se mouvoir sous d'autres influences que celles de la lumière.

CHAPITRE II.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LES ANIMAUX.

Les effets de cette influence sur l'organisation animale n'ont pas été soumis jusqu'à présent à une analyse bien satisfaisante ; cette organisation , beaucoup plus compliquée , réagit avec une puissance bien autrement grande que celle des végétaux sur toutes les causes qui tendent à la modifier ; de là des résultats moins caractérisés ; si nous ajoutons que des agents de nature très différente peuvent produire des effets plus ou moins analogues , on comprendra que la détermination précise du degré d'influence de la lu-

mière sur les animaux, est un des problèmes les plus difficiles de la physiologie animale; toutefois la science, bien que peu riche de faits sur ce sujet, possède quelques observations, et un petit nombre d'expériences intéressantes que nous allons rapporter.

Nous étudierons l'action de cet agent, 1^o sur le développement des animaux; 2^o sur leur nutrition; 3^o sur leur coloration.

ARTICLE PREMIER.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ANIMAUX.

La lumière joue un rôle incontestable dans la manifestation d'un grand nombre d'animaux, dans les transformations que nous présentent quelques uns d'entre eux, et enfin dans leur développement ultérieur.

Cet agent, par sa seule présence, semble donner naissance à toute une classe d'êtres vivants; mais son action sous ce rapport n'a été étudiée jusqu'à présent que sur les animaux les plus inférieurs dans l'échelle. M. Morren, dans une série de Mémoires intéressants, a démontré que la plupart des infusoires naissent sous l'impression du fluide lumineux; parmi ces êtres microscopiques, les uns appartiennent au règne végétal, et les autres au règne animal, en sorte que l'étude de l'influence de la lumière sur leur manifestation, aurait pu rentrer dans les considérations que nous avons présentées sur le rôle de cet

agent dans les végétaux; mais, ayant à présenter d'autres faits sur le développement des animaux, nous avons pensé qu'une analyse rapide du travail de M. Morren trouverait ici une place plus convenable.

Pour bien apprécier l'influence que la lumière exerce sur le développement de ces êtres équivoques auxquels on a donné le nom d'infusoires, il est nécessaire de distinguer les divers liquides dans lesquels ces êtres se manifestent. Ce liquides sont :

N° 1. L'eau pure, c'est-à-dire l'eau commune dans laquelle aucune substance végétale ou animale n'a été mise en macération;

N° 2. L'eau contenant en macération des substances végétales;

N° 3. L'eau contenant en macération des substances animales.

Lorsqu'on place deux vases de terre semblables renfermant le premier de ces liquides, l'un à l'influence de la lumière directe du soleil, l'autre dans l'obscurité complète, on voit des végétaux microscopiques se développer dans le premier; tandis que dans le second il ne se manifeste aucun être vivant. Avec le second liquide on obtient les mêmes résultats, seulement les êtres développés dans le vase éclairé appartiennent tous au règne animal. L'expérience avec le troisième liquide donne des résultats semblables à ceux du second, quant au vase éclairé; mais le vase obscur contient des infusoires qui, à la vérité, ne sont guère que d'une seule espèce, et appar-

tiennent au dernier degré de l'animalité : ce sont des *monas termo*.

Ces premiers résultats démontrent déjà la nécessité de l'action lumineuse pour la manifestation des êtres infusoires : l'exception unique fournie par le développement des *monas termo* dans les infusions animales, n'est qu'une faible exception à la règle générale, que les expériences suivantes viennent encore confirmer en variant d'une manière extrêmement intéressante les résultats.

Lorsqu'on dispose une série de vases remplis de liquide n° 1, de manière que ces vases reçoivent une quantité de lumière de moins en moins considérable, soit en les plaçant à des distances diverses d'une même ouverture, soit en les recouvrant de cylindres opaques percés d'ouvertures de diverses dimensions, on voit que des êtres végétaux se développent d'abord dans les vases les plus éclairés, puis successivement dans les autres jusqu'à une certaine limite où, l'intensité de la lumière devenant insuffisante, il ne se développe plus aucun être vivant. Cette limite a lieu dans un vase en cristal de 4 onces de capacité, lorsque l'ouverture d'éclairement n'a que 15 millimètres carrés; et déjà avec une ouverture d'un centimètre carré, les êtres ne se développent qu'après un temps assez long, et ils ne se composent que de globulines termes, c'est-à-dire d'êtres qui forment le dernier échelon de l'organisation végétale. Il semblerait déjà, d'après ce dernier fait, que de la quantité de lumière dépend le plus ou moins de

complication des êtres qui se manifestent sous son influence ; or, c'est précisément ce que prouvent, dans de certaines limites, les résultats obtenus dans les vases intermédiaires à celui dont nous venons de parler, et à celui qui recevait de toutes parts les rayons lumineux : ainsi à mesure qu'on s'éloignait du vase le moins éclairé, qui ne renfermait que des *globulina-termo*, on voyait successivement des *globulina-exilis*, des *naccuila*, des *cystodiella*, etc. Cependant cette série de complications organiques ne continuait pas indéfiniment, et avant qu'on fût arrivé au vase le plus éclairé, on rencontrait déjà tous les êtres renfermés dans ce dernier. Il est seulement à remarquer que dans les vases les plus éclairés, il se manifeste des *monas-termo*, ce qui semblerait indiquer que dans des liquides, tels que l'eau de fontaine pure, peu favorables à la manifestation des infusoires animaux, ces derniers exigent pour se développer une action plus prolongée du fluide lumineux ; peut-être aussi pourrait-on attribuer la production des *monas-termo* à la putréfaction des végétaux déjà produits, c'est-à-dire qu'on rentrerait alors dans les cas d'une véritable macération végétale. Quoiqu'il en soit, il résulte toujours de ces faits que non seulement la lumière est nécessaire au développement des infusoires, mais encore que le degré d'organisation de ces êtres se trouve dans de certaines limites subordonné à l'intensité de l'action lumineuse. L'expérience suivante, aussi simple qu'ingénieuse, en même temps qu'elle fournira une

nouvelle preuve à l'appui de la proposition précédente, montrera comment la lumière peut influer sur les sites que les êtres infusoires semblent choisir de préférence pour se développer.

Dans quelques unes des expériences qui servent de base aux diverses propositions que nous venons d'énumérer, on voyait que tantôt les végétaux microscopiques se développaient sur la paroi des vases qui recevait directement les rayons lumineux, tandis que d'autres fois ils se développaient sur la paroi opposée. On ne tarda pas à voir que cette espèce de prédilection étaiten rapport avec le diamètre des vases employés. On sait, en effet, que les rayons qui tombent sur un vase transparent rempli de liquide sont en partie réfléchis et en partie réfractés par ce liquide; or, lorsque le vase se trouvedans de certaines proportions, les rayons lumineux peuvent s'entrecroiser vers la paroi qu'on pourrait appeler postérieure (relativement à celle qui reçoit directement les rayons lumineux et qui serait l'antérieure), et alors cette paroi se trouve plus éclairée que l'antérieure; c'est dans ces cas précisément que s'opère sur la postérieure le développement des petits végétaux. Voici une expérience qui met plus en évidence encore cette proposition: dans les vases cylindriques de moins de 4 pouces de diamètre, la ligne d'entrecroisement des rayons lumineux ou catacaustique, au lieu de se faire sur la paroi postérieure, se fait, par suite d'une double réfraction, entre la génératrice du cylindre et cette paroi elle-même. Si l'on place dans la direc-

tion de la catacaustique une tige de verre, on voit cette tige se revêtir d'une couche de petits végétaux; et ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette couche commence à se développer à la face postérieure (toujours par rapport aux rayons immersants) de la tige, c'est-à-dire du côté qui reçoit le plus grand nombre de rayons lumineux. Il serait difficile de savoir si la lumière influence ou plutôt détermine les sites de développement des infusoires animaux, attendu que les mouvements spontanés dont jouissent ces derniers leur permettent de se répandre, aussitôt après leur naissance, dans toutes les parties du liquide où on les observe.

Après avoir étudié l'influence de la lumière telle que nous l'envoie le soleil, M. Morren a cherché à apprécier l'influence des différents rayons qui la composent; malheureusement, ces dernières recherches demandent une grande précision, et les verres colorés dont l'auteur a été obligé de se servir laissent beaucoup de doute sur la valeur des résultats qu'il a obtenus. Nous nous contenterons donc, en attendant de nouvelles recherches, d'exposer brièvement ces résultats.

1^o Les rayons rouge et jaune favorisent à peu près au même degré le développement des infusoires.

2^o Le rayon orangé a besoin d'agir beaucoup plus longtemps que les précédents pour que les infusoires se développent sous son influence.

3^o Les autres rayons n'ont jamais permis le développement des infusoires, à moins que les couches

colorées qui enduisaient les verres ne fussent extrêmement minces, et encore, même dans cette dernière condition, le développement n'a-t-il jamais eu lieu sous l'influence des rayons verts.

Comme conclusion générale des faits précédents, nous dirons :

1^o Que la lumière est presque toujours indispensable au développement des êtres infusoires.

2^o Que le degré d'organisation de ces êtres est, dans de certaines limites, en rapport avec l'intensité de son action.

3^o Que les sites ou lieux d'élection qu'affectent les infusoires végétaux sont les points où la lumière agit avec le plus d'intensité, pourvu que dans ces points se trouvent les supports dont ces êtres organisés ont besoin pour se développer.

Nous ne terminerons pas ce que nous avons à dire des infusoires sans rappeler l'analogie que M. Morren établit entre le développement de ces êtres microscopiques et celui de tout le règne organique. Comparant les plus petits phénomènes de la nature aux plus imposants, il trouve dans les premiers l'image fidèle des seconds. Sous l'influence d'une faible lumière se développent d'abord les rudiments de l'organisation végétale; à mesure que la lumière augmente en force et en durée, des végétaux de plus en plus compliqués apparaissent, puis enfin viennent des animaux, lesquels suivent une même marche ascendante d'organisation. N'est-ce pas là l'histoire des révolutions terrestres telle que tendent

à la constituer de plus en plus les recherches positives de la science moderne !

La lumière par sa présence peut aussi devenir une cause de développement pour des animaux beaucoup plus élevés dans l'échelle ; ainsi elle est nécessaire, d'après les expériences d'Ewards, à l'évolution des œufs de grenouille. Pour démontrer l'influence des rayons lumineux sur cette évolution, l'auteur précédemment cité plaça des œufs de grenouille avec de l'eau dans des vases, dont l'un était rendu imperméable à la lumière par des enveloppes et un couvercle de papier noir, et dont l'autre était transparent ; ensuite il les exposa de manière que leur température fût sensiblement égale, et que le vase transparent reçût les rayons du soleil. Les œufs exposés à la lumière se développèrent successivement ; mais il n'en fut pas de même des œufs dans l'obscurité : aucun ne vint à bien.

*l'expérience n'est pas
complète car les rayons
du soleil ne contiennent
pas que un fluide lumineux,
mais aussi du calorique, dont l'influence
sur l'évolution des êtres
est incontestable*

La lumière n'est pas seulement nécessaire à l'évolution des œufs de la grenouille et au développement des têtards ; elle est nécessaire aussi à la transformation de ces derniers ; l'expérience suivante du même auteur vient à l'appui de cette proposition : « Je fis l'expérience sur des têtards de crapauds accoucheurs, je laissai à tous la liberté de respirer à la surface de l'eau ; j'en enfermai deux dans des vases où la lumière ne pénétrait pas ; j'en mis beaucoup dans des vases transparents. Tous ceux qui étaient exposés aux rayons de la lumière se développèrent ; des deux qui se trouvaient dans l'obscurité, l'un se développa aussi,

mais l'autre persista dans ses formes premières, et acquit de grandes dimensions.

Ainsi la lumière n'agit pas uniquement sur les êtres placés au dernier degré de l'échelle animale; elle exerce aussi son influence sur l'évolution d'animaux très élevés en organisation. Dès lors on peut penser que cette action de la lumière doit s'étend à tout le règne animal; mais il est à regretter qu'une expérimentation plus variée n'ait pas encore suffisamment établi ce fait général.

ARTICLE II.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA NUTRITION DES ANIMAUX.

Les notions que nous possédons sur la part que prend la lumière aux phénomènes nutritifs de la vie animale sont extrêmement vagues. Ewards, se fondant sur le défaut de transformation du tétard maintenu dans l'obscurité, pense que l'exposition totale de la surface des corps aux rayons de la lumière a pour effet de concourir puissamment au développement régulier de la forme des animaux. Mais au milieu des causes multiples qui contribuent à ce phénomène, comment déterminer le degré d'influence de la lumière? Il n'est pas sans intérêt, cependant, de remarquer que les animaux dont le corps entier est livré à l'influence légèrement stimulante de cet agent, ne présentent presque jamais ces déviations qu'on observe si souvent dans l'organisation humaine; et pour l'homme lui-même on observe que

dans les climats où la nudité n'est pas incompatible avec la santé, l'exposition de toute la surface du corps à la lumière est très favorable à sa conformation régulière. M. de Humboldt, dans son voyage aux régions équinoxiales, a été frappé de la parfaite régularité de formes qu'affecte le corps chez toutes les peuplades où la nudité est en usage. Voici comment il s'exprime en parlant des Chaqmas : « Hommes et femmes ont le corps très musculeux, à formes arrondies ; il est superflu d'ajouter que je n'ai vu aucun individu qui ait une difformité naturelle ; je dirai la même chose de tant de milliers de Caribes, de Muyscas, d'Indiens mexicains et Peruviens, que nous avons observés pendant cinq ans. Ces difformités des corps en déviations sont infiniment rares dans de certaines races d'hommes, surtout chez les peuples qui ont le système dermoïde fortement coloré. » Chez les animaux, et chez les homines dont la surface cutanée est en grande partie découverte, la lumière, en stimulant légèrement la peau, peut être favorable à la transpiration ; et si l'on réfléchit que, dans les climats chauds, l'appareil tégumentaire est un émonctoire plus important que le rein, on se rendra compte, en partie au moins, de l'influence que le fluide lumineux paraît exercer sur l'ensemble des fonctions de l'organisation animale.

ARTICLE III.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA COLORATION DE L'HABITUDE
EXTÉRIEURE DES ANIMAUX.

La surface du corps, dans les animaux, revêt des couleurs extrêmement variées; cette coloration a très rarement son siège dans le derme; le plus souvent elle occupe des parties épidermiques, telles que les poils, dans les quadrupèdes; les écailles, dans les poissons; les plumes, dans les oiseaux; les élytres, dans les insectes; etc. La matière colorante ou pigmentum présente, dans sa constitution chimique, une analogie remarquable avec les cellules de la couche verte des végétaux; le carbone est aussi l'élément essentiel: seulement, au lieu de venir du dehors, et d'être le résultat d'une décomposition, il est le produit d'une sécrétion spéciale dont les phénomènes ont été exposés avec détail par M. Breschet, qui a su déduire de cette étude une théorie ingénieuse sur le mode de coloration de la surface du corps des animaux et de l'homme. Nous allons exposer en peu de mots cette théorie: Un organe spécial, l'appareil chromatogène, est chargé de la sécrétion du pigment; le produit de cette sécrétion s'échappe de l'organe producteur sous la forme d'écaille, dont la configuration varie pour chaque espèce animale; chacune de ces écailles présente, en général, une partie colorée et une partie non colorée; la partie colorée est située à l'extrémité libre de l'écaille, et, comme toutes ces écailles se recou-

vrent en s'imbriquant, il en résulte que les parties non colorées des écailles disparaissent dans l'imbrication, et que la partie colorée seule reste visible. Cette disposition est comparée, par M. Breschet, à une mosaïque; le pelage des quadrupèdes, l'enveloppe écailleuse des poissons, le plumage des oiseaux, l'étui corné du corps des insectes, ne sont rien autre chose, en effet, que d'élegantes mosaïques. Voici les faits qu'on peut invoquer en faveur de cette théorie: 1^e la partie colorée est celle qui est exposée à la lumière; 2^e parmi les écailles colorées, celles qui sont les plus habituellement exposées à la lumière sont aussi celles qui offrent la coloration la plus vive. Ainsi les oiseaux, presque constamment soumis, pendant le jour, à l'action des rayons solaires, offrent des couleurs très éclatantes, et ces couleurs sont plus vives dans les plumes du dos que sur celles qui sont cachées sous le thorax et l'abdomen, ou sous les ailes; on peut faire la même observation sur le corcelet des insectes, sur un grand nombre de quadrupèdes. Les animaux qui vivent dans les contrées intertropicales présentent également des couleurs plus variées et plus vives; ceux qui habitent les climats du Nord en offrent rarement d'aussi éclatantes; ils revêtent de préférence la couleur blanche. Tous ces faits tendent à rattacher la production des couleurs que nous présente le corps des animaux, à la même influence qui détermine celle des végétaux, c'est-à-dire au contact de la lumière.

CHAPITRE III.**INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR L'HOMME.**

La lumière agit sur le corps humain par la modification qu'elle imprime à sa constitution entière, par son contact sur l'appareil tégumentaire, et enfin par l'impulsion toute spéciale qu'elle détermine sur le sens de la vue et l'encéphale.

ARTICLE PREMIER.**MODIFICATIONS GÉNÉRALES.**

Les modifications qui surviennent dans les fonctions de l'économie sous l'influence souvent répétée de cet agent, ou durant son absence prolongée, ont été vaguement définies; le ralentissement du mouvement nutritif, le dépérissement, la pâleur, la faiblesse, le découragement, observés chez les prisonniers qui ont longtemps vécu dans les cachots, paraissent être bien plutôt le résultat de l'air impur qu'ils respirent, du défaut d'exercice, de l'ennui qui les accable, en un mot des conditions très peu hygiéniques au milieu desquelles ils vivent, que celui de l'obscurité qui les entoure.

L'aspect rachitique et étiolé que nous présentent dans les grandes villes la population des rues étroites et inaccessibles aux rayons du soleil, doit être attri-

bué aussi moins à l'absence de cette lumière solaire qu'à l'influence bien autrement débilitante de la misère et de tous les inconvenients qu'elle entraîne, tels par exemple qu'une alimentation insuffisante ou de mauvaise nature, etc. Toutefois, nous sommes loin de révoquer en doute l'action vivifiante de la lumière : seulement, au milieu des causes si complexes qui produisent l'abattement, l'étoilement de l'homme privé de tout contact avec la lumière, nous sommes disposé à croire que l'obscurité ne joue qu'un rôle secondaire, et que les autres circonstances que nous avons mentionnées jouent le rôle principal.

ARTICLE II.

COLORATION DE LA PEAU.

La coloration de la peau de l'homme paraît être le résultat de l'action prolongée de la lumière ; cet effet se montre particulièrement sur les points qui sont le plus exposés à son action ; d'après Staunton, le pêcheur chinois, dont le corps est continuellement plongé dans l'eau jusqu'à la ceinture, a la moitié inférieure blanche, tandis que la moitié supérieure est d'une couleur brune. M. de Humboldt rapporte que les nègres de basse condition, et presque continuellement exposés au soleil, sont beaucoup plus noirs que ceux qui sont nés dans une condition plus élevée, et qui prennent plus de précautions pour se garantir contre l'ardeur de ses rayons.

D'après Salt, cité par Sarcow, il paraîtrait aussi

que chez les Maures, les femmes renfermées le plus habituellement dans les habitations, ont la peau presque aussi blanche que les Européennes, tandis que les hommes et les enfants qui sont souvent exposés au soleil ont un teint basané.

Plusieurs naturalistes, avec Blumenbach, ont pensé que la coloration de la peau de l'homme était produite par la chaleur et non par la lumière; mais cette opinion tombe devant les objections suivantes: 1^o la chaleur artificielle n'occasionne pas cette coloration; les forgerons, les verriers, les cuisiniers, etc., ont la peau aussi blanche que les hommes qui vivent au milieu des conditions opposées; 2^o un homme riche en Russie passe huit mois de l'année enveloppé dans d'épaisses fourrures et au milieu d'une atmosphère constamment très échauffée, et cependant sa peau conserve sa couleur blanche, tandis qu'un laboureur de nos contrées, avec une chaleur souvent beaucoup moindre, voit sa peau brunir sur tous les points exposés à l'action solaire; 3^o les Esquimaux, les Lapons, les Groenlandais, malgré le froid extrême de leur climat, ont la peau presque noire; ici il faut invoquer la lumière, qui est réfléchie par des neiges perpétuelles, et la lumière seule, bien évidemment. De ces faits, nous pouvons conclure que dans tous les pays où la lumière agit avec une grande intensité, la peau des hommes est plus colorée qu'ailleurs.

A cette conclusion on peut opposer les faits suivants: 1^o les blancs restent blancs, et les noirs res-

tent noirs , quel que soit le climat qu'ils habitent ; 2° sous l'équateur, il y a des nations qui ne sont pas noires , par exemple les habitants de l'Archipel indien ; 3° des couleurs foncées , la négritie même , apparaissent spontanément chez certains blancs sans que la lumière intervienne ; suivant Lecat , une femme , au septième mois de sa grossesse , eut tout-à-coup la figure d'un noir de jais ; après l'accouchement survinrent des sueurs abondantes qui teignirent le linge en noir , et la peau reprit sa couleur blanche ; les mêmes phénomènes se reproduisirent chez la même femme pendant deux autres grossesses . Le masque que présentent les femmes enceintes est un phénomène analogue au précédent ; 4° le nègre vient au monde presque aussi blanc que l'Européen , et ne noircit que vers le septième mois .

A la première objection , on peut répondre que la lumière n'agit que très lentement dans les climats , soit pour amener la négritie , soit pour la détruire ; quand cette cause agit toute seule , elle exige pour produire ses effets ordinaires , toute une longue suite de génération .

Quant à la seconde objection , pour lui donner de la valeur , il faudrait démontrer que dans les exemples cités il n'y a pas eu un mélange de race ; les Bédas , si souvent mentionnés comme faisant exception à la règle , habitent constamment dans les bois , et se trouvent ainsi soustraits à l'action de cette lumière intense qui est propre à leur climat .

Enfin , il est incontestable que la lumière n'est pas

la seule cause de la coloration de la peau; la chaleur, très vraisemblablement, contribue à la produire; la négritie accidentelle, le masque des femmes enceintes, l'aspect terreux que prend la physionomie dans certaines maladies, prouvent aussi que la nutrition peut modifier la coloration de la peau. En résumé la lumière est la cause principale de la coloration de la peau, mais plusieurs autres causes concourent à la production du même phénomène.

ARTICLE III.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LES CENTRES NERVEUX.

La lumière est l'excitant naturel de l'œil; lorsque son action est trop vive ou trop longtemps prolongée, elle devient une cause d'irritation pour l'organe de la vue d'abord, et un peu plus tard pour les centres nerveux; les inconvénients qui résultent, pour la vision, de l'impulsion irritante des rayons lumineux, lorsqu'ils sont concentrés, se rattachent à l'histoire générale physiologique et pathologique du sens de la vue. Nous avons dit dans notre introduction les motifs qui nous ont porté à éliminer des considérations que nous avons à présenter, sur l'influence de la lumière, toutes celles qui se rattachent spécialement à ce sens; dès lors, les seuls phénomènes qui nous restent à exposer sont ceux qui se passent dans les centres nerveux ou viennent converger, en définitive, toutes les impulsions lumineuses. L'effet le plus général de toutes les impulsions transmises à

l'encéphale par l'appareil nerveux de la vision, est aussi dans l'état normal un effet excitant; l'influence de cet excitant ne diffère point, pour l'homme, de celle que nous avons observée soit dans le régime végétal, soit dans le régime animal. De même que nous avons vu la lumière présider par les effets de sa présence ou de son absence à l'état de veille ou de sommeil des fleurs et des feuilles, et déterminer le moment du sommeil ou du repos pour les animaux, de même nous voyons dans l'homme cet agent stimuler l'organe central de la vie de relation, et cet organe se maintenir en activité aussi longtemps que cette stimulation s'exerce, pour tomber dans l'assoupiissement lorsqu'elle est suspendue. Par cette action puissante sur l'appareil nerveux de la vie animale, la lumière, simple mouvement arbitraire imprimé à l'éther, devient un véritable interprète chargé de traduire à l'organe de l'intelligence le langage du monde extérieur, et de fournir ainsi à cet organe les éléments qui lui sont nécessaires pour réagir sur tout ce qui l'entoure. Par le seul fait de sa présence, elle établit, en quelque sorte, un conflit entre la vie de relation et l'horizon exposé à nos regards; et ce conflit a pour effet nécessaire la fatigue de l'encéphale; aussi la nature, dans la sagesse de ses prévisions, a-t-elle placé, sur le trajet que doivent parcourir les rayons lumineux pour arriver jusqu'à la rétine, sentinelle avancée de l'encéphale, une sorte d'écran (paupière), destiné à suspendre ce conflit, lorsque, par sa durée, il peut devenir une cause de

sûrexcitation pour les facultés intellectuelles. Cette intermittence dans les impulsions de la lumière sur les centres nerveux, est une des conditions les plus importantes de l'intégrité de leurs fonctions. Dès que cette condition cesse d'être remplie, c'est-à-dire dès que l'homme supplée à la lumière naturelle du jour par l'emploi d'une lumière artificielle, et se soumet ainsi à l'action plus ou moins continue de cet agent, on voit l'encéphale devenir le siège d'une surexcitation faible d'abord, mais qui augmente graduellement, et ne tarde pas à jeter le trouble dans toutes les autres fonctions de l'économie.

L'impression que produit la lumière sur les centres nerveux varie dans son intensité suivant plusieurs circonstances, dont les unes tiennent à l'agent modificateur, et les autres à l'état des organes qui sont impressionnés.

Entre les différentes causes capables de faire varier l'action du fluide lumineux sur le cerveau, nous devons citer au premier rang le degré d'éclat qu'il peut présenter, l'étendue des surfaces qui la réfléchissent avec l'œil, et enfin les diverses nuances qu'il revêt.

L'impression de la lumière sur les centres nerveux est en général proportionnelle à son éclat; lorsque l'homme est habituellement dans un milieu vivement éclairé, l'action de cette lumière est facilement supportée; mais lorsqu'elle vient affecter un malade habitué depuis longtemps à la demi-clarté que lui donnent les rideaux de son lit, ou aux prisonniers

retenus dans une pièce sombre, l'impression qu'elle occasionne devient quelquefois douloureuse et peut même produire divers accidents, tels que la cécité, des convulsions légères, un délire momentané, des vertiges, des nausées, des vomissements, etc. Ces phénomènes ont été surtout observés sur les individus qui ont vécu durant plusieurs mois ou plusieurs années dans un cachot complètement obscur; l'impression d'une lumière vive devient alors si pénible qu'elle constitue un véritable supplice. Galien nous apprend que Denys-le-Tyran avait fait construire au-dessus de sa prison un bâtiment très clair que, par un raffinement de cruauté, il avait fait blanchir à la chaux, et que ses victimes, transportées de leur réduit ténébreux dans ce bâtiment très clair, ont été souvent frappées de cécité par ce contraste.

Les surfaces qui réfléchissent une lumière vive et qui offrent une grande étendue, comme les neiges dans les pays du Nord, ou les plaines sablonneuses de plusieurs contrées de la zone torride, produisent des effets analogues aux précédents sur les personnes habituées à la lumière plus douce des climats tempérés. On sait qu'un grand nombre de soldats grecs, sous la conduite de Xénophon, perdirent la vue par la réverbération de la neige en traversant les montagnes de l'Arménie; on sait aussi tout ce que notre armée eut à souffrir en Égypte de la lumière répercutee par les sables. En général, les régions du globe qui réfléchissent le plus de lumière, telles que celles qui avoisinent le pôle ou l'équateur, sont

aussi celles où la cécité, au rapport des voyageurs, serait la plus fréquente.

La lumière, réfléchie par les vastes surfaces, n'est irritante pour l'œil et les centres nerveux que lorsqu'elle revêt la couleur blanche; les autres couleurs sont loin de présenter le même mode d'influence; ainsi les marins, placés entre le ciel et la mer, reçoivent impunément les rayons lumineux réfléchis par ces surfaces, les plus grandes que notre œil puisse contempler; la couleur bleue de l'air et des eaux de la mer, ainsi que la couleur verte, sont celles dont l'impression est la plus douce; aussi voyons-nous les malades, ceux surtout dont la sensibilité a été exaltée par de longues maladies, rechercher ces couleurs avec prédilection; il en est peu qui n'aient à reposer leur vue par la contemplation d'une branche de verdure. Les couleurs jaune, orangé et rouge, qui sont plus vives, ne jouissent pas du même privilége. Par la même raison, les couleurs complémentaires, le rouge et le vert, par exemple, qui se font mutuellement ressortir, sont plus difficilement supportées.

Les modifications que nos organes apportent au degré d'énergie avec lequel la lumière nous impressionne, ne sont pas les mêmes dans l'état de santé et dans l'état de maladie; dans le premier cas, l'impression d'une lumière vive est facilement supportée; mais il n'en est plus ainsi dans le second. Et ici il convient de distinguer toutes les maladies en deux ordres, celles qui affectent les centres nerveux, et celles qui en sont indépendantes. Les premières nous

rendent en général beaucoup plus impressionnables à la lumière lorsqu'elles revêtent le type aigu ; c'est ainsi que dans l'encéphalite et la méningite générale ou partielle, l'impression de la lumière devient si pénible que les malades recherchent avec anxiété l'obscurité. Les maladies indépendantes de l'encéphale qui peuvent augmenter notre impressionnabilité à la lumière sont toutes celles qui produisent un ameigrissement plus ou moins considérable, et qui tendent ainsi à faire prédominer dans l'économie l'action des centres nerveux. Ces considérations, relatives à l'action de la lumière sur l'organe de l'intelligence, peuvent être résumées dans les propositions suivantes :

- 1^o La lumière est pour cet organe un puissant stimulant.
- 2^o Lorsque ce stimulant est trop énergique, ou son action trop longtemps prolongée, il a pour effet de surexciter d'abord ses fonctions, et ensuite de les pervertir.
- 3^o Dans les maladies, ce stimulant, alors même que son action demeure la même, devient souvent douloureuse, particulièrement dans les maladies aiguës de l'encéphale.
- 4^o Les couleurs vertes et bleues ont une action opposée à celle de la couleur blanche et des autres couleurs primitives ; d'où il suit que dans le traitement des maladies, ces deux couleurs sont celles dont il convient d'entourer les malades.

FIN.