CHAPITRE VIII

EFFETS CHIMIQUES DE DIVERSES SOURCES LUMINEUSES.

Lumière artificielle. — Lumière au magnésium. — Lumière à la chaux, de Drummond. — Lumière électrique. — Reproduction de caveaux souterrains, par réflexion de la lumière solaire. — Intensité chimique de la lumière solaire et de la lumière bleue du ciel. — Respiration des plantes sous l'influence de la lumière. — Influence de la lumière dans l'histoire du développement de la terre et dans l'économie de la nature.

Des faits exposés au chapitre précédent il résulte que les effets chimiques sont dus principalement aux rayons ultra-violets, aux rayons violets et aux rayons bleus. Il est donc évident que la lumière d'une source quelconque produira une action d'autant plus énergique qu'elle est plus riche en rayons de cette réfrangibilité.

La lumière d'une lampe à huile ou à pétrole et celle du gaz n'en renferment pas beaucoup. Elle n'agit donc que très-faiblement sur la plaque photographique. C'est grâce à cette inertie que les photographes peuvent préparer leurs plaques sensibles, à la lumière d'une lampe adoucie par un abat-jour ou par un globe dépoli.

Souvent aussi on opère à la lumière du jour tamisée par une vitre jaune.

Il existe beaucoup plus de rayons actifs dans le feu blanc indien, dans les feux de Bengale bleus et dans la flamme du soufre. Cette dernière ne possède qu'un faible pouvoir éclairant, parce qu'elle contient peu de rayons jaunes et rouges ; par contre elle est très-riche en rayons violets. On a photographié à la lumière de ces flammes.

La *lumière Drummond*, la *lumière du magnésium* et la *lumière électrique* sont bien plus énergiques. La combustion d'un fil de magnésium donne une lumière très-vive et très-facile à produire.

Le magnésium est un métal qui forme l'élément principal de la magnésie. La magnésie elle-même n'est pas autre chose que de l'oxyde ou de la rouille de magnésium, c'est-à-dire une combinaison du magnésium avec l'oxygène.

Ce métal porté à l'incandescence, se combine avec l'oxygène de l'air, et la magnésie ainsi reconstituée tombe sur le sol. L'usage de

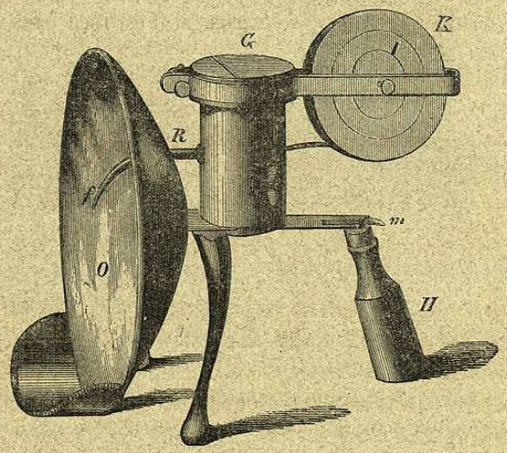

Fig. 18. — Lampe de Salomon servant à la combustion du fil de magnésium.

cette lumière est très-facile. On peut aisément porter dans la poche 100 grammes de magnésium qui suffisent pour une reproduction. Cependant le prix de ce métal (0 fr. 60 le gramme) et les vapeurs qui se dégagent pendant sa combustion sont encore un obstacle à la généralité de son emploi. L'auteur de ce livre s'en est servi à plusieurs reprises, avec succès, pour reproduire des sculptures dans l'intérieur des tombeaux égyptiens. On emploie, pour brûler le fil de magnésium, la lampe de Salomon (fig. 18). Elle se compose d'une poulie *K*, sur laquelle le fil est enroulé, d'un mouvement d'horlogerie *G*, qui le conduit, par l'intermédiaire de rouleaux, dans le tube de combustion *R*, à la pointe duquel on allume le fil, et

du miroir creux *O*, qui réfléchit la lumière en un faisceau de rayons parallèles.

La poignée *H* permet de donner à la lampe et partant au faisceau de rayons toutes les directions voulues; le crochet *m* sert à arrêter immédiatement le mouvement d'horlogerie.

La *lumière Drummond* dépasse en intensité la lumière du magnésium. On produit la première en faisant passer un courant d'oxygène dans une flamme de gaz ou d'alcool en présence d'un morceau de chaux. On prépare l'oxygène en chauffant un sel qui contient cet élément gazeux condensé sous forme solide : le chlorate de potasse. L'oxygène se dégage et il est reçu dans un sac de caoutchouc *K* (fig. 19).

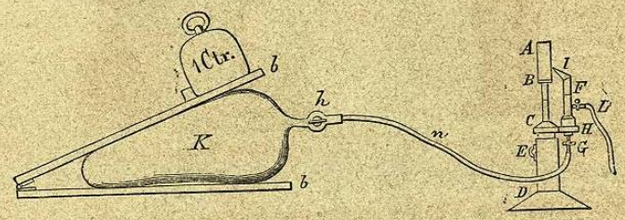

Fig. 19. — Sac de caoutchouc pour recueillir l'oxygène.

On ferme le sac à l'aide d'un robinet *h*, et pour en faire usage, on le place entre deux planches *b b*; la plus élevée est chargée d'un poids; sous cette pression l'oxygène traversant le robinet *h* et le tube de caoutchouc *n* pénètre dans la lampe à oxygène *D* et traverse un brûleur *H F* qui se termine en une pointe *I*. Le gaz d'éclairage qui sert à la combustion, entre par la conduite portant le robinet *L*.

Le gaz d'éclairage brûle en I, avec une flamme claire, fuligineuse; dès que l'oxygène y pénètre, elle se raccourcit, bleuit et développe une chaleur intense.

Elle ne possède qu'un pouvoir éclairant très-faible, mais aussitôt qu'elle a porté à l'incandescence le cylindre de chaux *A B*, ce cylindre émet une lumière blanche éblouissante qui produit une action photographique très-intense. Monckhoven et Harnecker s'en sont servi avec succès pour opérer des agrandissements.

Ce même appareil sert aussi à éclairer les verres de la lanterne magique.

La lumière d'une batterie électrique est bien plus intense que la lumière Drummond.

Lorsqu'on plonge simultanément un morceau de charbon très-dense *k* (fig. 20) et un morceau de zinc *z* dans un acide tel que

Fig. 20. — Élément de pile électrique.

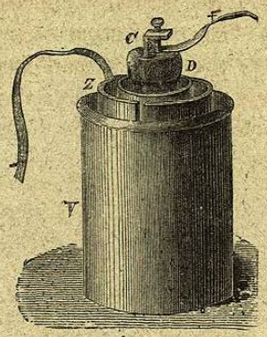

Fig. 21. — Élement de pile électrique.

l'acide nitrique ou l'acide sulfurique étendu, il se développe de l'électricité qui produit une étincelle, quand on approche les extrémités zinc et charbon qui sortent du liquide. Cette étincelle est très-faible. Mais si l'on fait communiquer plusieurs de ces vases conte-

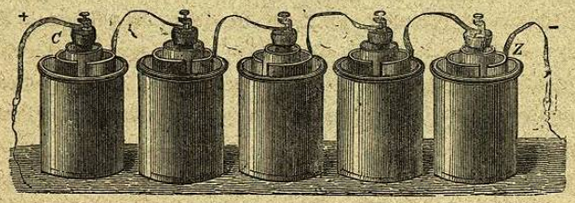

Fig. 22. — Batterie électrique.

nant des cylindres de zinc *z* et des morceaux de charbon *k* elle devient très-forte, et comme on peut augmenter à volonté le nombre de ces éléments, on peut ainsi faire naître un arc lumineux dont l'éclat dépasse celui de toutes les lumières artificielles. Pour monter ces batteries électriques, on fait communiquer le zinc d'un élément

avec le charbon de l'élément le plus proche, et le zinc de ce dernier avec le charbon du troisième et ainsi de suite. (Voir fig. 22.)

Si l'on réunit alors les deux fils qui partent de Z et de C, il jaillit une étincelle due à la combustion des fils métalliques, provoquée par le passage du courant.

On fait naître ordinairement la lumière électrique entre des pointes de charbon disposées dans la concavité d'un miroir H (fig. 23). S et S' servent à les rapprocher ou à les éloigner; la pointe supérieure communique par le pied F avec l'électrode K; la pointe inférieure avec l'électrode Z de la batterie qui vient d'être décrite. 36 éléments semblables à ceux qui sont représentés fig. 21, suffisent à produire une lumière éblouissante.

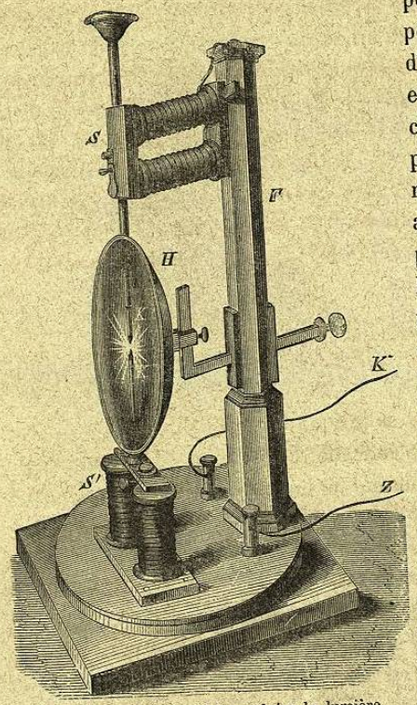

Fig. 23. — Appareil à produire la lumière électrique.

La nécessité de préparer et d'entretenir la batterie rend l'emploi de la lumière électrique incommode ; mais elle surpasse toutes les autres en efficacité photographique.

Elle a permis à Nadar de prendre un grand nombre de vues excellentes des catacombes de Paris. On s'en est également servi pour les portraits; mais elle n'est pas sans offrir d'inconvénients pour cet usage, parce qu'elle aveugle le modèle et qu'elle porte des ombres trop tranchées. On a cherché à tourner la difficulté en faisant agir également sur le côté ombré une lumière électrique de moindre intensité; cependant on ne peut guère éviter que les traits,

en se contractant devant cette lumière si vive, ne prennent une expression différente de celle qui leur est familière.

La photographie ne se sert de toutes ces lumières artificielles que dans les cas d'absolue nécessité, d'autant plus que le prix en est très-élevé. On ne les emploie que pour reproduire des objets qu'il est impossible d'éclairer autrement. L'auteur de ce livre s'est servi avec avantage de la lumière du soleil pour photographier des tombeaux égyptiens. Il la faisait tomber par réflexion dans les caveaux souterrains.

Que l'on imagine un miroir *a* placé à l'extérieur et réfléchissant la lumière solaire par l'entrée T dans l'espace G. Là ces rayons tombent sur un second miroir *b* qui les transmet à son tour sur la

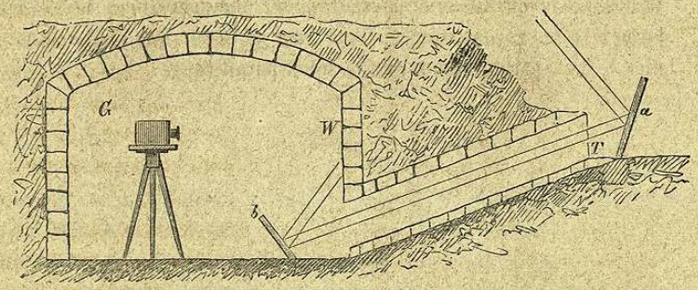

Fig. 24. — Emploi de la lumière solaire réfléchie pour éclairer des caveaux souterrains à photographier.

muraille W. On n'obtient ainsi, il est vrai, qu'un disque lumineux mais il est facile de le promener sur toute l'étendue de la muraille et d'en éclairer suffisamment toutes les parties pour qu'elles puissent agir sur la plaque photographique. Il suffit pour cela de faire exécuter divers mouvements d'oscillation au miroir *b*.

Braun, de Dornach, s'est servi plus tard du même procédé pour photographier les fresques très-sombres de Raphaël et de Michel-Ange dans la chapelle Sixtine et dans le Vatican. Il a obtenu d'excellents résultats.

Toutefois la source lumineuse la plus importante pour la photographie est la lumière solaire.

L'éclat en est soumis à de grandes variations. Il est facile de voir que le soleil à midi brille plus que le matin et le soir. Cette diffé-

rence, d'après les mesures de Bouguer, est telle que cet astre, à 50° au-dessus de l'horizon, possède un éclat 1200 fois plus vif qu'au moment du lever. De plus, l'œil reconnaît une différence de couleur considérable entre le soleil à l'horizon et le soleil au zénith. Ce dernier paraît blanc, le premier paraît plutôt rougeâtre; on reconnaît au spectroscope que les rayons rouges dominent dans le soleil couchant, et que les violets et les bleus y manquent en partie ou en totalité.

Aussi les effets chimiques de la lumière solaire sont-ils très-faibles le matin et le soir; mais ils augmentent d'intensité jusqu'à midi lorsque le soleil s'élève sur l'horizon.

Le matin et le soir les molécules aériennes réfléchissent une partie des rayons bleus et laissent passer plus facilement les rayons jaunes et les rayons rouges. C'est pour ce motif que l'air, c'est-à-dire le ciel, paraît bleu et que le soleil paraît rouge.

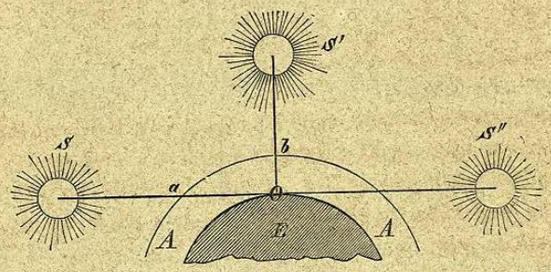

Fig. 25. — Trajet des rayons lumineux dans l'atmosphère, le matin, à midi et le soir.

Soit E (fig. 25) la terre, enveloppée de l'atmosphère A, S le soleil levant, S'' le soleil couchant pour le lieu O, S' le soleil à midi. On voit que le trajet atmosphérique *a* O des rayons de l'astre couché sur l'horizon est plus long que celui des rayons venant du zénith S'; mais plus la couche atmosphérique est épaisse, plus la lumière est affaiblie. Il en résulte que sur les hautes montagnes son action chimique doit être plus intense que dans les plaines. Des essais exécutés dans les Alpes ont permis de constater qu'il en est ainsi.

La lumière directe du soleil n'est pas la seule qui exerce des actions chimiques; celle du ciel bleu, lumière solaire réfléchie, possède la même propriété; elle produit même, en raison de sa couleur, des effets d'une extrême intensité.

On a déjà fait observer que la couleur bleue du ciel est due à la réflexion de la lumière de cette couleur par les molécules aériennes. Mais la quantité réfléchie varie avec l'heure du jour. Elle atteint son maximum, lorsque le soleil parvient à son point culminant, c'est-à-dire à midi; elle diminue au fur et à mesure qu'il se rapproche de l'horizon.

Les photographes, ne faisant poser pour les portraits qu'à la lumière du ciel bleu, choisissent de préférence pour ce travail le temps qui s'écoule de 10 heures du matin à 2 heures de l'après-midi. L'action chimique de la lumière reste alors à peu près égale, elle diminue ensuite, plus rapidement l'hiver, plus lentement l'été. Bunsen a exprimé en degrés l'intensité chimique de la lumière pour Berlin :

	Midi	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.
21 Juin :	38°	38°	38°	37°	35°	30°	24°	14°	6°
21 Décembre :	20°	18°	15°	9°	0°	0°			

On voit, par cet exemple, combien est faible l'activité chimique de la lumière en hiver. Le 21 décembre à midi elle n'est que la moitié de ce qu'elle est le 21 juin. On remarque en outre que la lumière émise par le ciel bleu le 21 décembre est très-faible, en raison de la brièveté du jour.

C'est pour ce motif que le temps de pose est beaucoup plus long en hiver qu'en été. Les positifs se forment beaucoup plus lentement. Aussi faut-il un temps plus considérable pour obtenir le même nombre d'épreuves.

L'intensité de la lumière bleue du ciel varie avec la hauteur du soleil, et cette hauteur varie avec les saisons; elle diffère même en un moment quelconque, sur les divers points du globe.

Tous les cercles imaginaires *m m*, passant par les deux pôles terrestres, s'appellent *méridiens* (fig. 26). Il est midi, en même temps pour tous les lieux situés sur le même méridien; mais le soleil est à diverses hauteurs, selon la distance de ce lieu à l'équateur.

Les cercles terrestres parallèles à l'équateur s'appellent *parallèles*.

Chaque parallèle passe par les points du globe qui se trouvent à la même latitude. Lorsque le soleil à midi darde verticalement ses rayons sur un point de l'équateur, l'observateur situé à 10 degrés de latitude nord, le voit incliné de 80° sur l'horizon, c'est-à-dire qu'il fait avec cet horizon un angle de 80° à une distance de 10 degrés; plus au nord la hauteur du soleil n'est plus que de 70°; enfin au pôle, qui est éloigné de 90 degrés de l'équateur, la hauteur du soleil = 0°, c'est-à-dire que le soleil est à l'horizon. Variable avec ces diverses hauteurs du soleil, l'intensité chimique de la lumière du ciel bleu est aussi très-différente selon les latitudes.

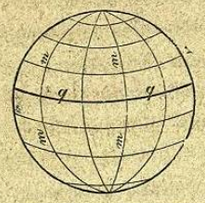

Fig. 26. — Méridiens et parallèles.

Au Caire, le 21 septembre à midi, l'intensité lumineuse	= 105°
A Heidelberg.	= 57°
En Islande.	= 27°

Plus la situation d'un lieu est méridionale, plus est grande la quantité de lumière mise par la nature à la disposition du photographe.

Ces différences d'intensité chimique de la radiation lumineuse subissent des modifications profondes déterminées par l'état du ciel.

Quand il est gris et couvert de nuages, l'intensité chimique est beaucoup plus faible que par un temps clair. Elle augmente au contraire sensiblement lorsque les nuages sont blancs et brillants. Pendant l'automne, en général, elle est beaucoup plus grande qu'au printemps. En mars et en avril elle est, selon Roscoë, une fois et demie aussi considérable qu'en août et septembre.

Ces différences d'intensité chimique sont très-importantes pour la vie des plantes. *Les feuilles vertes absorbent de l'acide carbonique et dégagent de l'oxygène, sous l'influence de la lumière.* En son absence, il n'en est pas ainsi ; c'est elle qui développe la couleur verte des feuilles et le coloris si varié des fleurs. Les végétaux ne poussent à l'ombre que des bourgeons pâles et maladifs, comme les fanes blanches bien connues des carottes conservées en cave.

La lumière est nécessaire à la vie des plantes. Conservées dans un endroit à demi éclairé, elles se dirigent vers le point d'où vient le

jour, croissent dans cette direction, et plus la lumière est intense plus elles se développent vigoureusement.

La fertilité des tropiques ne doit donc pas être attribuée uniquement à l'élévation de la température, mais aussi à l'intensité chimique de la lumière.

Des observations récentes ont prouvé que ce ne sont pas les rayons bleus et les violets, mais les jaunes et les rouges qui exercent sur les feuilles des plantes les effets chimiques les plus intenses.

Nous arrivons ainsi à reconnaître l'importance de l'action chimique de la lumière sur l'économie de la nature. L'air atmosphérique se compose d'un mélange de deux gaz : l'oxygène et l'azote. Le second ne sert qu'à modérer les propriétés trop actives du premier qui est indispensable à la vie, car la mort surviendrait rapidement dans une atmosphère d'oxygène seul.

Pendant l'acte de la respiration, une partie de l'oxygène est absorbée par les poumons ; il forme, avec les éléments organiques du corps, de l'acide carbonique et de l'eau, que nous exhalons et qui se répandent dans l'air.

Il est facile de prouver, par l'expérience, que l'air expiré contient des quantités considérables d'acide carbonique. Ce gaz forme avec l'eau de chaux un *précipité* de carbonate de chaux. Aussi lorsqu'on insuffle, à l'aide d'un tube de verre, l'air qui vient des poumons, dans de l'eau de chaux claire, on la voit se troubler par suite de la formation du carbonate. La respiration diminue donc incessamment la quantité d'oxygène libre de l'atmosphère et le transforme en acide carbonique. La combustion produit le même effet, mais sur une bien plus grande échelle. Le bois ou le charbon, en se combinant avec l'oxygène, donnent aussi naissance à de l'acide carbonique.

On serait donc tenté de croire que la quantité d'oxygène contenue dans l'atmosphère doit diminuer avec le temps et la quantité d'acide carbonique augmenter. C'est ce qui a lieu en effet dans des espaces fermés. Leblanc a trouvé qu'après un cours fait à la Sorbonne, à Paris, l'air de la salle avait perdu un centième de son oxygène.

On n'observe à l'air libre, ni diminution d'oxygène, ni augmentation d'acide carbonique. C'est parce que ce dernier gaz, provenant

de la respiration, est décomposé par les plantes sous l'influence de la lumière.

Les végétaux absorbent l'acide carbonique, s'assimilent le carbone et mettent l'oxygène en liberté. C'est ainsi que cet élément consommé par la combustion et la respiration peut servir à de nouveaux usages.

Il fut un temps où l'atmosphère était plus riche en acide carbonique qu'elle ne l'est aujourd'hui. Lorsque les masses fluides incandescentes qui constituaient notre planète se furent progressivement refroidies, lorsque les vapeurs d'eau condensées eurent formé l'Océan, la plus grande partie du carbone se trouvait dans l'atmosphère, où il était combiné avec l'oxygène à l'état d'acide carbonique. L'air, à cette époque, contenait des quantités de ce gaz beaucoup plus considérables qu'aujourd'hui. Lorsqu'enfin la terre se fut assez refroidie pour que la végétation pût s'y développer, des plantes gigantesques germèrent, sous l'influence de la lumière et du soleil, dans le sol encore chaud ; une flore luxuriante apparut; le carbone de l'acide carbonique atmosphérique se transforma en bois; cette combinaison gazeuse diminua peu à peu, pendant le cours des siècles. Bientôt la surface terrestre subit des révolutions qui eurent pour effet d'enfouir sous le sable et sous le limon argileux des régions considérables, avec les forêts qui les recouvraient; les bois de ces forêts se transformèrent en charbon de terre. Une nouvelle végétation se forma sur les terrains nouveaux, absorba à son tour, sous l'influence de la lumière, l'acide carbonique de l'atmosphère et fut, elle aussi, enfouie dans le sol par une nouvelle révolution. C'est ainsi que le carbone, répandu dans l'air, à l'état de composé volatil, s'accumula dans les profondeurs de la terre; c'est ainsi que l'atmosphère, grâce à l'action chimique de la lumière, s'enrichit de plus en plus d'oxygène, jusqu'au point de permettre l'existence de l'homme. Il apparut alors sur le globe, que de nombreuses révolutions successives avaient conduit à la fin de son développement.

Les effets chimiques de la lumière ont donc joué dans l'histoire de la terre, et jouent encore, dans l'économie de la nature, un rôle considérable.

CHAPITRE IX

RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.

Réfraction simple. — Déviation. — Indice de réfraction. — Réfraction dans le verre plan, les prismes et les lentilles. — Production d'images par des lentilles.

Nous avons vu, page 43, qu'un rayon lumineux, en franchissant la limite de séparation de deux milieux transparents d'inégale densité, éprouve un changement de direction qu'on appelle *réfraction*.

Une pièce de monnaie *a* est cachée à la vue de l'œil placé en *o* par les bords du vase opaque au fond duquel elle est placée. Que l'on verse de l'eau dans ce vase, la pièce devient aussitôt visible, par l'effet de la réfraction qu'éprouvent les rayons lumineux passant de l'air dans l'eau. (Voir fig. 27.)

On appelle *déviation* l'angle que font les rayons, avant et après la réfraction.

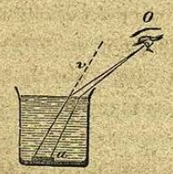

Fig. 27. — Effet de la réfraction.

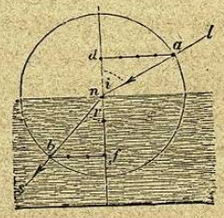

Fig. 28. — Réfraction

Cette déviation est d'autant plus grande que les rayons tombent plus obliquement sur la surface de l'eau.