

## Contribution à l'étude du pouvoir absorbant de l'atmosphère terrestre<sup>1</sup>

Par M. A. BOUTARIC

L'influence qu'exerce l'atmosphère sur l'état thermique de notre globe peut être schématisée d'une manière très simple. Pendant le jour, l'atmosphère tamise le rayonnement solaire et en arrête une grande partie. La nuit, elle modère le refroidissement de la surface terrestre. Ces deux actions contribuent à atténuer l'amplitude des variations diurnes de la température.

Nous nous sommes proposé d'étudier quels sont les facteurs dont dépendent les propriétés régulatrices de l'atmosphère et de préciser, à ce point de vue, le rôle de la vapeur d'eau et celui des poussières en suspension.

Vapeur d'eau et poussières, agissant respectivement par absorption sélective et par diffusion, modifient le pouvoir absorbant de l'atmosphère pour le rayonnement solaire, mais l'influence prépondérante appartient aux poussières dont les observations polarimétriques permettent d'apprécier l'importance. Sur le rayonnement nocturne, l'action de ces poussières est insignifiante : de longues séries d'observations simultanées du rayonnement nocturne et de la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par le ciel, un peu avant le coucher et un peu après le lever du soleil, n'ont fait apparaître aucune relation entre les deux ordres de phénomènes; par contre, nos observations ont mis en évidence l'influence atténuante très nette de la vapeur d'eau sur le rayonnement nocturne.

Voici le détail des principaux de nos résultats :

1. Une longue série de mesures actinométriques, hygrométriques et polarimétriques nous a permis de comparer :

a) Les intensités calorifiques du rayonnement solaire à différentes heures, pour des journées voisines :

b) Les intensités calorifiques, pour des épaisseurs

atmosphériques traversées égales, à diverses époques de l'année;

c) Les intensités reçues, pour des années différentes, aux diverses heures de journées correspondant au même mois et à des quantités voisines.

Dans tous les cas, à moins que les états hygrométriques soient trop différents, les quantités de chaleur reçues à la surface du sol, pour des épaisseurs atmosphériques traversées égales ou voisines, varient dans le même sens que les valeurs de la polarisation<sup>2</sup>.

2. Des variations analogues s'observent dans les milieux troubles constitués par des particules en suspension dans un liquide. Lorsque les modifications qui surviennent dans un milieu trouble portent sur des particules qui ont des dimensions notables vis-à-vis des longueurs d'onde, une augmentation du nombre de ces particules ou de leur grosseur entraîne une diminution parallèle de l'intensité transmise et de la polarisation. Si les modifications portent sur des particules de faibles dimensions vis-à-vis des longueurs d'onde, la conclusion précédente ne subsiste pas<sup>3</sup>.

3. Les modifications dont l'atmosphère est le siège et que traduisent les variations de la polarisation et du pouvoir absorbant portent donc sur des particules dont les dimensions sont au moins de l'ordre des longueurs d'onde. Outre les molécules gazeuses dont le rôle dans la diffusion a été précisé par Lord Rayleigh, il faut envisager l'existence des poussières qui, suivant l'expression imagée de Crova<sup>4</sup>, contribuent à former la *vase atmosphérique* dans laquelle nous

1. Résumé d'une Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris (Série A, n° 806, n° d'ordre 1599).

2. A. BOUTARIC. *Le Radium*, **41** (1914) 15.

3. A. BOUTARIC. *Le Radium*, **41** (1914) 74.

4. A. CROVA. *La constante solaire (Rapports présentés au Congrès international de Physique réuni à Paris en 1900)*, 3 465.

vivons, surtout aux faibles altitudes. Les résultats de la théorie, relativement au nombre et à la grosseur de ces particules en suspension, ne sont pas en désaccord avec ceux qu'ont fourni les recherches expérimentales d'Aitken, de Langevin, de Chauveau, d'Henriët, etc. Les variations notables du pouvoir absorbant de notre atmosphère, variations que révèlent des polarisations différentes, peuvent s'expliquer en admettant, pour un volume invariable des particules, que leur nombre augmente du dixième de sa valeur, ou, pour un nombre constant de particules, que le rayon de chacune d'elles s'accroît de 1/66<sup>e</sup>.

4. De bonnes courbes horaires des intensités solaires, relatives à diverses journées conduisent à des valeurs très différentes de la *constante solaire*, suivant les polarisations atmosphériques qui leur correspondent. On s'explique ainsi les discordances entre les résultats obtenus par les observateurs même très exercés qui ont abordé le problème de la détermination de la constante solaire au moyen des seules méthodes pyréliométriques.

5. De nombreuses mesures du rayonnement nocturne aux diverses heures de la nuit, pendant un grand nombre de nuits appartenant à tous les mois de l'année, nous ont permis d'indiquer l'allure générale du rayonnement au cours d'une nuit sans nuage : le rayonnement, qui apparaît bien avant le coucher du soleil, passe par un maximum vers ce moment, puis décroît lentement et régulièrement jusqu'au matin. Ce résultat a été confirmé par l'inscription graphique du rayonnement qu'une surface noire, exposée à l'air libre, envoie vers les régions voisines du zénith.

6. Nous avons insisté sur l'interprétation, à notre avis incorrecte, qu'on donne généralement du rayonnement nocturne. Le rôle protecteur de l'atmosphère, au point de vue du refroidissement de la surface terrestre, ne tient pas à ce qu'elle intercepte en partie le rayonnement du sol, mais à ce qu'elle émet un rayonnement compensateur. L'intensité du rayonnement nocturne peut être considérée comme la différence entre l'émission thermique  $Q$  de la surface rayonnante et la quantité de chaleur  $q$  que cette surface reçoit de l'atmosphère. Nous avons pu, en utilisant un petit nombre de données physiques et météorologiques, établir les formules qui fournissent une valeur approchée du rayonnement nocturne et permettent de rendre compte de ses variations. La concordance approchée entre les résultats du calcul et l'observation peut paraître satisfaisante, étant donnée la complexité du phénomène étudié et le peu de précision des coefficients qui expriment : 1° l'absorption des radiations de grande longueur d'onde par la

vapeur d'eau; 2° la décroissance de l'absorption de l'altitude de la pression de la vapeur d'eau près de l'atmosphère.

7. Nous avons abordé l'étude des échanges de chaleur qui se produisent, pendant le jour, entre le ciel et la surface noire exposée à l'air libre, mais au rayonnement solaire directs. Nous nous sommes limité au cas où la portion active du ciel se réduit à une zone étroite voisine du zénith. Dans ces conditions, l'échange des échanges est parfaitement défini, par temps clair, il y a toujours un excès de rayonnement dirigé de la surface noire vers le ciel, même pendant les plus chaudes journées d'été; l'apparition des nuages augmente le pouvoir diffusif de l'atmosphère, et change souvent le sens du rayonnement effectif. Les résultats sont en accord avec les indications de la théorie relativement à l'énergie diffusée par l'atmosphère.

8. Nous montrons enfin, dans un dernier chapitre, que l'existence d'une couche isotherme dans les régions élevées de l'atmosphère peut apparaître comme une conséquence du pouvoir absorbant de cette atmosphère. Si la température décroissait indéfiniment suivant la loi adiabatique, il n'y aurait pas égalité entre l'émission d'une tranche élémentaire d'air et l'absorption que cette tranche exerce sur les rayonnements de la Terre, du Soleil et du reste de l'atmosphère. Dans ces conditions, l'équilibre ne saurait être réalisé. Il devient possible si l'on admet qu'après avoir diminué suivant la loi adiabatique jusqu'à une certaine altitude, la température demeure ensuite constante sur une certaine épaisseur.

9. Nous avons été amené, au cours de nos recherches, à préciser les conditions d'emploi d'un certain nombre de dispositifs expérimentaux. C'est ainsi que nous avons étudié la précision des mesures qu'on peut effectuer, dans les meilleures conditions, avec le photopolarimètre de Cornu, appareil excellent, à condition de ne pas lui demander, dans l'évaluation de la proportion de lumière polarisée, la quatrième décimale que certains auteurs n'hésitent pas à fournir. Nous avons donné de l'actinomètre à compensation électrique pour la mesure du rayonnement nocturne une théorie qui nous paraît plus simple que celle d'Angstrom. Nous avons montré qu'il n'est pas possible d'avoir une trop grande confiance dans les résultats fournis par un autre appareil, même très ingénieux, pour l'étude du rayonnement nocturne, à cause de sa sensibilité à la condensation. Enfin nous avons pu combiner un dispositif simple permettant de mesurer le rayonnement d'une surface noire vers le ciel, avec un autre qui mesure le rayonnement d'une surface noire vers le zénith et la lumière réfléchie par elle-même, et ainsi que nous l'avons dit dans un