

LE TROU D'OZONE ET SON IMPACT SUR LA CHRONOBIOLOGIE. MES-NOUS DIRECTEMENT CERNES ?

Nikkels(1), F. Gerardy-Goffin(1), C. Piérard-Franchimont(2), G. E. Piérard(3)

En une décennie que le « trou d'ozone » a disparu annuellement dans la zone australe. Ce phénomène s'amplifie et se manifeste dans une moindre mesure, dans la partie de l'hémisphère sud des zones du continent européen. Il a des conséquences climatiques du monde entier et des risques accrus de la peau.

Voici environ 70 ans que le « teint de pêche » est devenu démodé et que le bronzage est considéré comme le reflet d'une « bonne santé ». L'exposition au soleil, voire même aux bancs solaires est devenue un « must » pour de nombreuses personnes. Tôt ou tard elles connaîtront le prix des conséquences néfastes. En effet, mis à part l'importance des radiations ultraviolettes dans la synthèse de la vitamine D3, il ne semble y avoir aucun autre effet bénéfique des ultraviolets sur la peau. Bien plus, il est aujourd'hui prouvé que ces radiations induisent de nombreuses altérations biologiques ayant des répercussions cliniques (Weschler, 1989; Baadsgaard, 1991; Nikkels et coll., 1991).

L'altération progressive de la couche d'ozone dans la stratosphère, observée depuis une dizaine d'années, a pour effet d'accroître la quantité d'ultraviolets atteignant la surface terrestre. Pour chaque diminution de 1 % en ozone, on assiste à une augmentation de 2 % d'ultraviolets de courte longueur d'onde. Par voie de conséquence, un accroissement de la prévalence des cancers cutanés est à craindre, en particulier celle des épithéliomas basocellulaires et spinocellulaires, ainsi que du mélanome malin (Piérard, 1988; Piérard-Franchimont et Piérard, 1988; Piérard-Franchimont et coll., 1989). Le National Cancer Institute des Etats-Unis considère, sur un plan théorique, que toute diminution de 5 % de la concentration en ozone aboutirait à un accroissement de 5 à 20 % de ces cancers.

RADIATIONS ULTRAVIOLETTES

La lumière solaire représente la source naturelle des radiations ultraviolettes qui sont cataloguées en trois groupes selon leurs longueurs d'onde. Seuls les ultraviolets A (UVA) et les ultraviolets B (UVB) atteignent la surface de la terre. Les UVB, particulièrement ceux de courte longueur d'onde, induisent rapidement un érythème et sont les principaux responsables du coup de soleil. Les UVA peuvent également être responsables d'un érythème, mais à des doses 800 à 1.000 fois plus élevées que les UVB. Cependant, comme la quantité d'UVA (5 à 6 mW/cm²) atteignant la terre est plus élevée que celle des UVB (0,3 à 0,5 mW/cm²), on considère que les UVA contribuent pour environ 15 % de la réponse érythémateuse lors d'une exposition solaire à midi.

(1) Maître de Conférences, Chef de Service de Dermatopathologie, Université de Liège.
(2) Maître de Conférences, Chef de Service, Université de Liège.
(3) Maître de Conférences, Chef de Service, Université de Liège.

De nombreux facteurs influencent la quantité de radiations ultraviolettes atteignant la peau. Les caractéristiques climatiques, géographiques et de l'environnement jouent un rôle majeur. La latitude fait que l'irradiation est maximale dans les régions tropicales. L'altitude intervient également par un accroissement de 4 % des radiations par tranches de 300 m. La surface de l'environnement module la réflexion des ultraviolets. C'est ainsi que le sable, la neige, l'eau et le béton peuvent réfléchir jusqu'à 85 % de la lumière solaire. De ce fait, un parasol qui bloque l'irradiation solaire directe peut s'avérer d'une protection insuffisante sur une plage. Les variations saisonnières et climatiques sont en partie liées aux facteurs géographiques précités.

Il reste enfin le rôle filtrant de l'ozone dans les couches basses de l'atmosphère (troposphère) et dans ses couches hautes (stratosphère). La concentration maximale en ozone (25 à 150 nbar) se retrouve naturellement dans la stratosphère; elle est beaucoup plus faible dans la troposphère (< 25 nbar).

La résultante de ces influences de l'environnement a un impact majeur sur la chronobiologie de la peau. La physiologie, et vraisemblablement certaines pathologies, sont modulées par des rythmes circadiens. La pigmentation de la peau, le cycle pileux, la sécrétion sébacée, la prolifération épidermique, le degré de vasodilatation sont les principales cibles concernées (Piérard-Franchimont et coll., 1990; Piérard et coll., 1991; Randall et Ebling, 1991).

VIE ET MORT NATURELLE DE L'OZONE

Les rayonnements solaires ultraviolets sont très énergétiques lors de leur entrée dans la stratosphère. Ils ont la propriété de scinder des molécules d'oxygène (O_2) en atomes d'oxygènes (O^*) très réactifs. Ceux-ci se lient à d'autres molécules d'oxygène pour donner naissance à l'ozone ($O^* + O_2 \rightarrow O_3$).

Une fois formé, l'ozone joue un rôle majeur dans la dégradation des rayons ultraviolets en rayonnements infrarouges, ce qui a pour effet d'être un bouclier contre les radiations solaires les plus nocives pour la vie. Cette absorption d'énergie transforme l'ozone en ses constituants moléculaire et atomique d'oxygène. Le cycle de l'ozone, de sa naissance à sa mort, est ainsi bouclé sous l'influence des rayonnements solaires. Certains éléments peuvent cependant perturber cet équilibre en augmentant la destruction de l'ozone. Parmi eux, des composés naturels comme l'eau ou l'hémioxyde d'azote se lient à l'oxygène moléculaire pour donner naissance à des radicaux très réactifs qui, à leur tour, réagissent avec l'ozone pour le détruire.

Compte tenu de l'intensité des radiations solaires, l'ozone est synthétisé à une vitesse maximale dans la stratosphère de la région équatoriale. Cependant, comme les déplacements d'air se font des zones chaudes vers les zones froides, les concentrations d'ozone les plus élevées se retrouvent déplacées à des latitudes plus éloignées de l'équateur.

Les physiciens mesurent ce qu'ils appellent une « quantité intégrée d'ozone », exprimée en millimètres. Elle représente la quantité totale d'ozone dispersée dans la stratosphère en un concept imaginaire d'une « couche d'ozone ». Selon la saison et la latitude, cette couche d'ozone n'aurait une épaisseur moyenne que de 2 à 5 mm. Il faut cependant concevoir une grande variabilité naturelle de cette quantité intégrée d'ozone puisqu'elle dépend de multiples facteurs dont le cycle solaire de 11 ans et les éruptions volcaniques. Parmi celles-ci, l'éruption

ations ultravioletes, géographiques, l'altitude fait que les altitudes intermédiaires par transmission par transmission du béton peuvent un parasol qui protection insuffisantes sont

des basses de (stratosphère), retrouve naturellement dans la

Il a un impact et vraisemblablement des circonstances sévères, ont les principes; Piérard et

ergétiques lors de scinder des très réactifs. leur naissance

La dégradation qui a pour effet nocives pour les constances d'ozone, de sa déconstructions cet équilibre des composés oxygénés moléculaires qui, à leur

l'ozone est synthétisée dans la région équatoriale des zones les plus éloignées de

quantité intégrée l'abaissement total de la couche d'ozone, mais cependant la quantité intégrée du cycle solaire est, l'éruption

récente du Pinatubo aux Philippines, pourrait avoir des conséquences à long terme par l'importance des projections stratosphériques qui l'ont accompagnée. On estime à 12 millions de tonnes les particules émises qui pourraient contribuer pour 10 % à la destruction de l'ozone.

MORT PROGRAMMÉE DE L'OZONE : LE « TROU D'OZONE »

Depuis plus d'une dizaine d'années, ces cycles naturels de l'ozone sont altérés dans le sens d'une diminution progressive de la concentration d'ozone dans la stratosphère.

Cette destruction est due à l'émission de composés chimiques artificiels qui peuvent atteindre la stratosphère. Heureusement, dans la troposphère, la plupart de ces substances sont détruites ou renvoyées au sol par les pluies. Parmi les coupables potentiels qui échappent à ces mécanismes, les chlorofluorocarbones, encore appelés CFC ou fréons, sont en première ligne. Leur durée de vie varie de 50 à 250 ans. Le mécanisme de destruction de l'ozone par ces substances est analogue, mais beaucoup plus puissant que celui de l'eau ou de l'hémioxyde d'azote. C'est de là que résulte vraisemblablement le « trou d'ozone » (Aimedieu, 1988; Zali et Landry, 1991).

Depuis environ dix ans, la concentration en ozone de la partie basse de la stratosphère diminue considérablement au-dessus de l'Atlantique au début de son printemps austral (mi-septembre jusqu'à mi-novembre). A cette époque, la destruction de l'ozone atteint 0,6 à 2 % par jour. Ce phénomène localisé résulte de la température très basse de la stratosphère pendant l'hiver austral, entraînant la condensation de la vapeur d'eau et d'acide nitrique en nuages stratosphériques soumis à un mouvement tourbillonnaire appelé vortex polaire. Lorsque le soleil réapparaît au printemps, les équilibres chimiques, régulant la quantité d'ozone, se déplacent en faveur de la formation de réactifs délétères chlorés à partir de molécules comme les CFC. Après la destruction massive de l'ozone stratosphérique au niveau du vortex polaire, ce phénomène se répercute, dans une moindre mesure, sur tout l'hémisphère sud.

Sommes-nous pour autant à l'abri d'un tel phénomène en Belgique? Certes non. En effet, la couche d'ozone est apparue exceptionnellement mince au-dessus du nord de l'Europe cet hiver 1991-1992. La Scandinavie, le Danemark, l'Angleterre, le Benelux, le nord de l'Allemagne et des pays de l'Est européen ont été les victimes principales. Dès lors, l'Agence de l'Energie danoise vient de promouvoir l'usage de crèmes solaires pour les personnes travaillant fréquemment au dehors, même pendant les périodes apparemment peu ensoleillées.

L'OZONE TROPOSPHERIQUE

Il existe de l'ozone dans la troposphère, mais qui est en quantité faible par rapport à celle de la stratosphère. Cet ozone provient partiellement de la stratosphère et est de plus synthétisé près du sol par des réactions photochimiques médiées par les ultraviolets de grande longueur d'onde. Tout comme dans la stratosphère, il existe des cycles de synthèse et de destruction de l'ozone troposphérique. La variabilité des taux d'ozone est sous l'influence du monoxyde d'azote et des composés organiques volatils. Ce phénomène est surtout important en milieu urbain, industriel, et là où le trafic automobile est intense (McGourty, 1988; Zali et Landry, 1991). Au niveau du sol, c'est l'excès d'ozone qui exerce des ravages sur les végétaux et même sur la santé humaine.

QUEL AVENIR?

Les perturbations des cycles de l'ozone peuvent avoir deux conséquences principales.

La première concerne des bouleversements climatiques à l'échelle planétaire. En effet, comme l'ozone stratosphérique dégrade les rayonnements ultraviolets en infrarouges, elle intervient dans le maintien de la température en haute atmosphère. Son altération pourrait induire une instabilité météorologique dans la stratosphère, et par voie de conséquence dans l'atmosphère de notre environnement proche (Zali et Landry, 1991).

La deuxième conséquence concerne les effets biologiques directs comportant la mutagénicité de plantes et de bactéries ainsi que le risque théorique d'accroissement de l'incidence des cancers cutanés, des photokératites et des cataractes. Une telle prédiction est difficile à établir car il faut tenir compte de l'ozone contenue globalement dans la stratosphère et dans la troposphère. Le contexte géographique, la susceptibilité génétique et les habitudes de vie joueront sans conteste des rôles additionnels majeurs. Les observations scientifiques médicales seront difficiles à obtenir car long est l'intervalle de temps entre l'induction, la promotion et la découverte clinique de cancers.

Quoi qu'il en soit, les risques liés à l'emploi des CFC sont considérables. Compte tenu de leur longue durée de vie, ils vont encore exercer et accroître leur action délétère pendant quelques décennies. Le frein à leur production et leur bannissement à plus long terme ne supprimera donc pas immédiatement les risques.

Le monoxyde d'azote libéré en grande partie par les véhicules automobiles et les autres usages des produits pétroliers affecte lui aussi l'ozone des couches basses de l'atmosphère. Cette pollution, concentrée en milieu urbain, n'a pas l'impact du trou d'ozone stratosphérique. Elle ne doit cependant pas être négligée car les perturbations accumulées des cycles de l'ozone ont un effet biologique, préoccupant aujourd'hui et peut-être catastrophique pour les générations futures.

BIBLIOGRAPHIE

- AIMEDIEU, P. — La querelle de l'ozone. *Recherche*, 1988, **19**, 270-282.
- BAADSGAARD, O. — In vivo ultraviolet irradiation of human skin results in profound perturbation of the immune system. *Arch. Derm.*, 1991, **127**, 99-109.
- McGOURTY, C. — British government promotes atmosphere of concern. *Nature*, 1988, **336**, 415.
- NIKKELS, A. F., NIKKELS-TASSOUDJI, N., ARRESE ESTRADA, J., BEN MOSBAH, T., PIERARD-FRANCHIMONT, C., PIERARD, G. E. — Le système immunitaire cutané et le photovieillissement. *Rev. méd. Liège*, 1991, **46**, 158-163.
- PIERARD, G. E. — The mosan study group of pigmented neoplasms. *Dermatologica*, 1988, **176**, 124-129.
- PIERARD, G. E., PIERARD-FRANCHIMONT, C., LASO DOSAL, F., BEN MOSBAH, T., ARRESE ESTRADA, J., RURANGIRWA, A., DOWLATI, A., VARDAR, M. — Pigmentary changes in skin senescence. *J. appl. Cosmetol.*, 1991, **9**, 57-63.
- PIERARD-FRANCHIMONT, C., PIERARD, G. E. — Rates of epidermal carcinomas in the mosan region of Belgium. *Dermatologica*, 1988, **177**, 76-81.
- PIERARD-FRANCHIMONT, C., BURG, G., GROSSHANS, E., KERL, H., PIERARD, G. E. — Prévalence des cancers de la peau en région mosane et dans des pays européens de même latitude. *Rev. méd. Liège*, 1989, **44**, 541-545.
- PIERARD-FRANCHIMONT, C., PIERARD, G. E., KLIGMAN, A. — Seasonal modulation of the sebum excretion. *Dermatologica*, 1990, **181**, 21-22.
- RANDALL, V. A., EBLING, F. J. G. — Seasonal changes in human hair growth. *Brit. J. Derm.*, 1991, **124**, 146-151.
- WESCHLER, C. J. — Indoor ozone exposure. *J. Air Poll. Contr. Ass.*, 1989, **39**, 1562-1568.
- ZALI, O., LANDRY, J. C. — La problématique de l'ozone. *Ann. Derm. Vénéreol.*, 1991, **118**, 917-923.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr G. E. Piérard, Service de Dermatopathologie, CHU Sart Tilman, 4000 Liège 1.