

# Le rayonnement uv solaire

22 ans de "monitoring" en Belgique

Didier Gillotay, Cédric Depiesse et François Vermer

Le retour de la période estivale, couplé à nos activités de loisirs en plein air, implique inévitablement de plus longues périodes d'exposition au rayonnement solaire et en particulier aux ultraviolets... Et ceci ne manque donc pas de soulever de nombreuses questions et polémiques !

Par ces quelques lignes, nous tenterons de lever un coin du voile sur les activités de surveillance des ultraviolets solaires mises en place par le groupe "Solar Radiation" de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB), et visant à réaliser une climatologie des UV sous nos latitudes.

## Quelques notions fondamentales

Le rayonnement électromagnétique solaire est le phénomène par lequel l'énergie s'échappe du Soleil à la vitesse de la lumière dans un mouvement ondulatoire. Il existe différents types de rayonnements, déterminés en fonction de la longueur de l'onde ( $\lambda$ ) et du nombre d'ondulations par seconde ou fréquence ( $\nu$ ), fonction directe de l'énergie de l'onde. La partie la plus connue de ce spectre solaire est bien évidemment la lumière visible mais celle à laquelle nous nous intéresserons plus spécifiquement à travers cet article correspond aux dangereux ultraviolets (UV). En effet, ces UV, pourtant invisibles, ont une énergie juste supérieure à celle du violet visible, ils sont mutagènes et

c'est ce qui les rend particulièrement agressifs envers les organismes vivants. De l'autre côté du visible, avec une énergie juste inférieure à celle du rouge visible, l'infrarouge (IR), également invisible pour nos yeux, nous procure la sensation de la chaleur.

Le rayonnement UV est la partie du spectre solaire caractérisée par une longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm ( $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ). Cette gamme d'ondes est arbitrairement divisée en 3 bandes : UV-C (100-280 nm), UV-B (280-315 nm) et UV-A (315-400 nm). Les UV-C sont entièrement absorbés par l'ozone stratosphérique, la vapeur d'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone présents dans l'atmosphère terrestre et ils n'atteignent donc pas la surface

terrestre. Il en va de même pour environ 90% du rayonnement UV-B. Enfin, les UV-A sont quant à eux peu affectés par l'atmosphère. On parlera également d'UV effectif pour désigner la manière dont l'organisme va absorber chaque longueur d'onde du rayonnement incident. Généralement, ce spectre d'action est plus efficace pour les hautes énergies (UV-B) que pour les énergies plus faibles (UV-A).

## Pourquoi mesurer l'évolution au fil du temps du rayonnement UV au sol ?

Fin des années 80, les mesures satellitaires confirmaient l'appauvrissement de la concentration d'ozone stratosphérique, avec comme principale con-



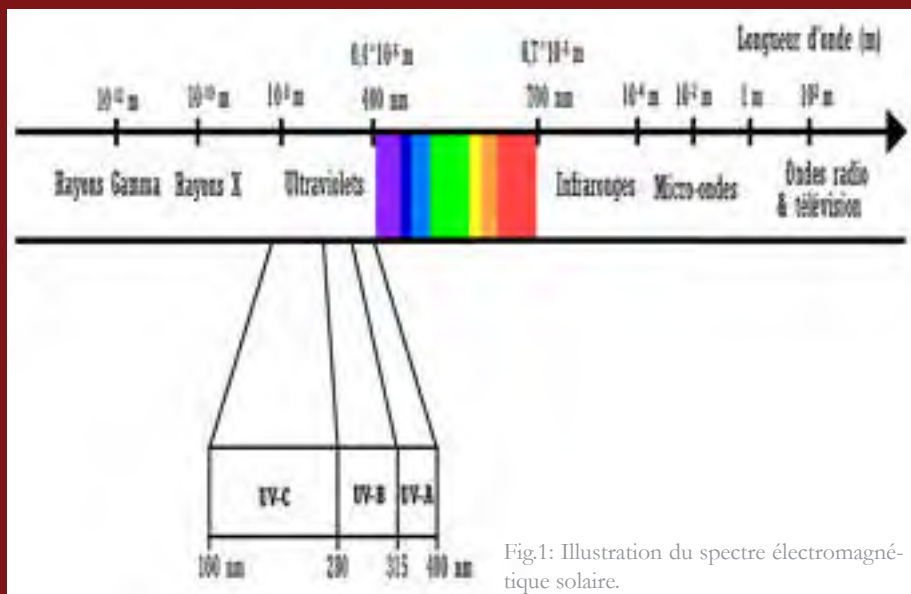


Fig.1: Illustration du spectre électromagnétique solaire.

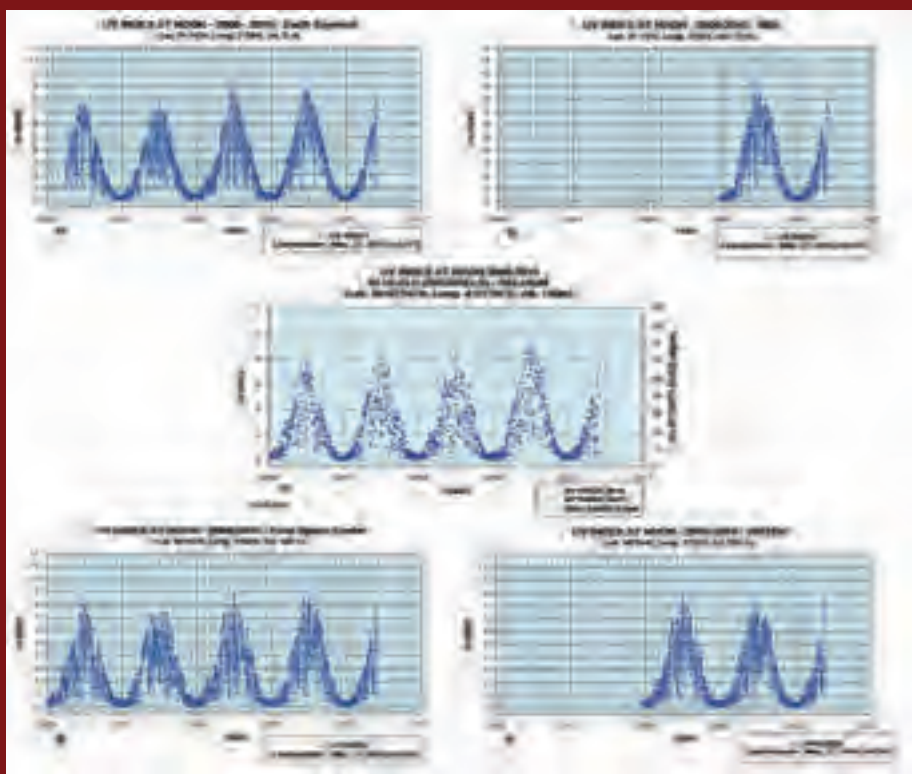


Fig.2: Séries temporelles des valeurs d'index UV à midi, enregistrées dans les 5 stations de l'IASB, durant les cinq dernières années.

séquence une diminution observée de l'efficacité de ce filtre naturel contre les UV-B et une pénétration accrue de ce rayonnement jusqu'en surface. Dans le but de vérifier ce potentiel d'accroissement des UV-B au sol, d'en étudier les mécanismes de pénétration dans l'atmosphère et d'en établir une climatologie fiable, le groupe "Solar Radiation" de l'IASB a donc développé, dans le cadre de programmes européens, un réseau de stations de 'monitoring' au sol du rayonnement UV-Vi-

sible. Actuellement, cinq stations sont opérationnelles sur le territoire belge : à Uccle, à Ostende, à Transinne, à Virton et à Mol. S'ajoute à cela la station de Diekirch, située au Luxembourg.

#### Les stations de mesures

En service dès 1993, la station d'Uccle est parmi les mieux équipées des stations européennes. Elle inclut des mesures spectrales, riches en informations mais ayant une résolution temporelle relativement faible (1 balayage

de 280 à 600 nm toutes les 15 min), des mesures intégrées (UV-B, UV-A et Rayonnement Solaire Total) ayant une résolution temporelle allant jusqu'à une mesure par seconde, et des mesures quasi spectrales (en bandes discrètes et étroites de longueurs d'onde) qui offrent un bon compromis entre la résolution en longueur d'onde (6,10 et 14 bandes dans l'UV-Visible) et la résolution temporelle (de l'ordre de la minute). L'ensemble de ces instruments nous donne une information complète sur les composantes directes, diffuses et globales du rayonnement UV-Visible solaire en surface.

Des mesures auxiliaires des principaux paramètres météorologiques de base (température, pression, humidité relative, vitesse et direction du vent, pluviométrie) et de la couverture nuageuse (dans le visible et dans l'IR) complètent l'ensemble instrumental.

Quatre stations à instrumentation plus réduite (mesures intégrées, quasi spectrales, une station météo et une mesure de la couverture nuageuse) ont été plus récemment implantées respectivement à Transinne (Ardennes belges), sur le site de l'Euro Space Center, et à Ostende, sur le site d'Earth Explorer, à Virton (Gaume) sur le toit de l'Hôtel de Ville et enfin, à Mol (Campine) sur le site de l'institut de recherche du VITO.

La figure 2 présente les mesures des cinq stations actuellement opérationnelles où la période couverte correspond à 2006-2010. Remarquons également que Virton et Mol sont les deux dernières stations installées, respectivement en 2008 et 2009.

#### Que nous apprennent nos mesures?

Grâce à ces vingt-deux années de mesure de 'monitoring' du rayonnement

solaire, en tenant compte des mesures réalisées par l'IRM, le "groupe radiation" a mis en exergue les principaux paramètres environnementaux régulant la pénétration des UV-B dans l'atmosphère terrestre.

► La position du Soleil : nous savons intuitivement qu'un soleil élevé sur l'horizon induira un niveau d'UV au sol largement supérieur à celui reçu lorsqu'il est bas.

► L'ozone, en particulier l'ozone stratosphérique, joue le rôle de filtre naturel contre les UV-B. Ainsi, une anti-corrélation parfaite a été clairement établie entre la concentration en ozone et la quantité d'UV mesurée au sol.

► Les nuages : l'effet des nuages va dépendre exclusivement de leur type, c'est-à-dire de leur altitude, de leur épaisseur et de leur contenu en eau. Les cirrus (nuages fins à haute altitude) vont laisser passer jusqu'à 90-95% du rayonnement UV. Par contre, les nuages bas et gris (ex : strato-cumulus)

vont réduire le niveau de rayonnement UV d'un facteur 10 à 20 par rétro-diffusion vers la haute atmosphère, absorption

et diffusion (ce qui accroît le trajet optique de chaque photon et amplifie l'effet absorbant de l'ozone troposphérique).

► Les aérosols : la présence de ces derniers va réduire la pénétration du rayonnement UV, si bien que selon leur type (absorbant ou non), les effets seront quantitativement très différents!

► L'albédo : la nature de la surface au sol va également influencer le niveau UV; à titre d'exemple, la neige réfléchira jusqu'à 80% des UV-B arrivant au sol, le sable blanc jusqu'à 40-45% et un sol

L'indice UV est une grandeur qui quantifie le niveau d'UV effectif atteignant la surface de la Terre. Par UV effectif, on entend une mesure de la quantité d'UV pondérée en fonction du dommage qu'il peut causer à la peau, aux yeux, au système immunitaire, etc. Les 5 niveaux sont indiqués dans le tableau ci-dessous grâce à des couleurs standards:

### Indice UV

|            |      |
|------------|------|
| Faible     | <2   |
| Modéré     | 3-5  |
| Élevé      | 6-7  |
| Très élevé | 8-10 |
| Extrême    | >10  |

En Belgique, la situation extrême n'est jamais rencontrée, mais des indices de 7-8, voire 9, sont régulièrement mesurés chaque été. On peut résumer la situation de la manière suivante :

|                 | FLEIN SOLEIL                                                                       | SOLEIL VOILÉ                                                                        | PARTIELLEMENT COUVERT                                                                | COUVERT                                                                              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |  |  |  |  |
| <b>PRIN ETÉ</b> |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |
| Indice UV       | 7-8                                                                                | 6-7                                                                                 | 5-6                                                                                  | 3-4                                                                                  |
| Dose de soleil  | 20-40 min                                                                          | 25-50 min                                                                           | 30-60 min                                                                            | +60 min                                                                              |
| <b>MI ETÉ</b>   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |
| Indice UV       | 6-7                                                                                | 5-6                                                                                 | 4-5                                                                                  | 2-3                                                                                  |
| Dose de soleil  | 25-50 min                                                                          | 30-60 min                                                                           | +60 min                                                                              | +60 min                                                                              |

Dose érythémale : temps nécessaire pour qu'apparaissent les premières rougeurs.

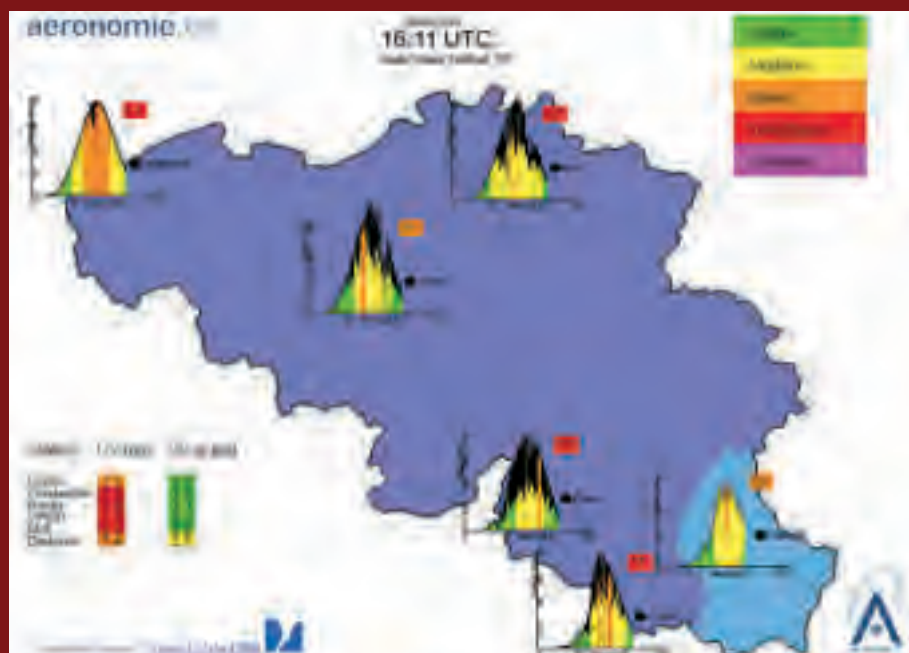


FIG. 3: Implantation des stations de mesure en Belgique et au Luxembourg.

sombre labouré, maximum 15%.

► L'altitude : Le taux d'UV-B augmente d'environ 4 % tous les 300 m.

### Les tendances

Nos dix-huit années d'observations nous ont permis de rencontrer une très grande diversité de situations liées aux conditions météorologiques. Les variations saisonnières sur une même période peuvent être extrêmement importantes. En calculant les écarts mensuels par rapport à la moyenne pour les UV effectifs et pour la concentration totale d'ozone, représentés dans les figures 4 et 5, nous pouvons néanmoins mettre en évidence certaines tendances : positive dans le cas des UV effectifs et négative dans le cas de l'ozone. Ces tendances devront bien sûr être confirmées ou infirmées par la suite des observations.

### En guise de conclusion...

Nous voudrions insister sur le fait que la poursuite des mesures précises du rayonnement UV solaire au sol, impliquant donc un maintien en parfait état des stations de mesure actuelles, voire l'extension du réseau en place, apparaît primordiale, sinon indispensable pour continuer à assurer un service de qualité vers l'extérieur. Ces informations sont hautement valorisables dans divers domaines tels que :

► La santé publique : la diffusion vers les citoyens des valeurs journalières d'indice UV, et dans un avenir relativement proche, des prédictions de cet indice, permettront certainement aux personnes exposées de prendre toutes les mesures de protection adéquates, afin d'éviter les risques cutanés et oculaires liés à l'exposition croissante aux rayonnements UV.

► Les énergies solaires : les valeurs du rayonnement total (UV-Visible et IR), que nous fournissons sur simple demande aux professionnels du secteur photovoltaïque, leur permettent de réaliser des calculs plus précis du dimensionnement nécessaire des panneaux et de l'évolution de leurs rendements au fil du temps.

► Les sciences atmosphériques : le rayonnement UV solaire est responsable de toute une série de réactions photochimiques qui ont lieu dans la haute atmosphère; l'étude du rayonnement UV atteignant la surface terrestre permet aux atmosphériciens de quantifier l'ozone, les aérosols, y compris la couverture de nuages et d'améliorer ainsi les modèles de transfert radiatif. □

Plus

personne de contact: Didier Gillotay  
(didier.gillotay@aeronomie.be)

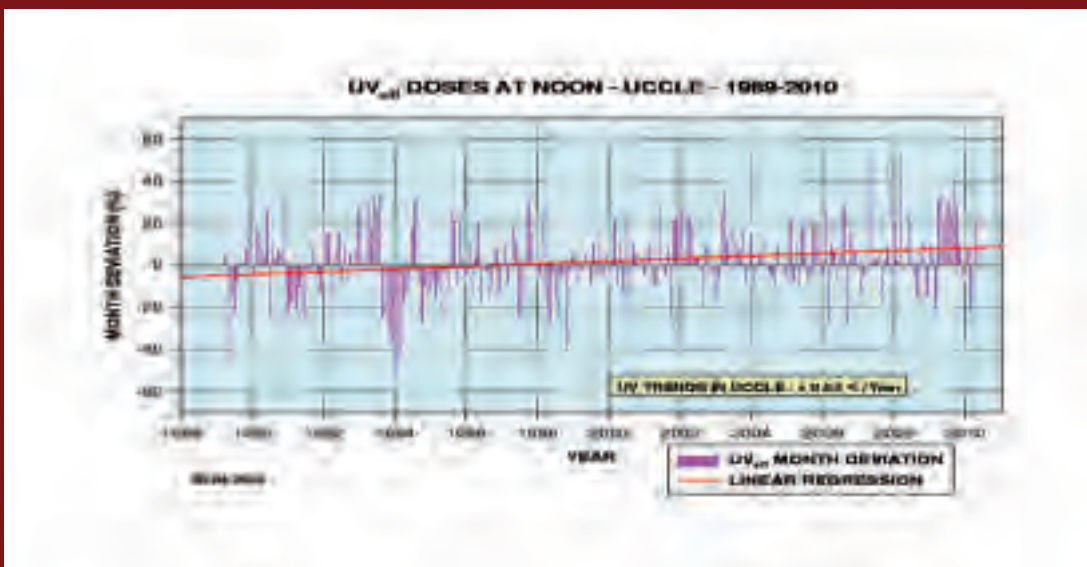


Fig.4: tendance positive de l'UV effectif mesuré à midi à Uccle

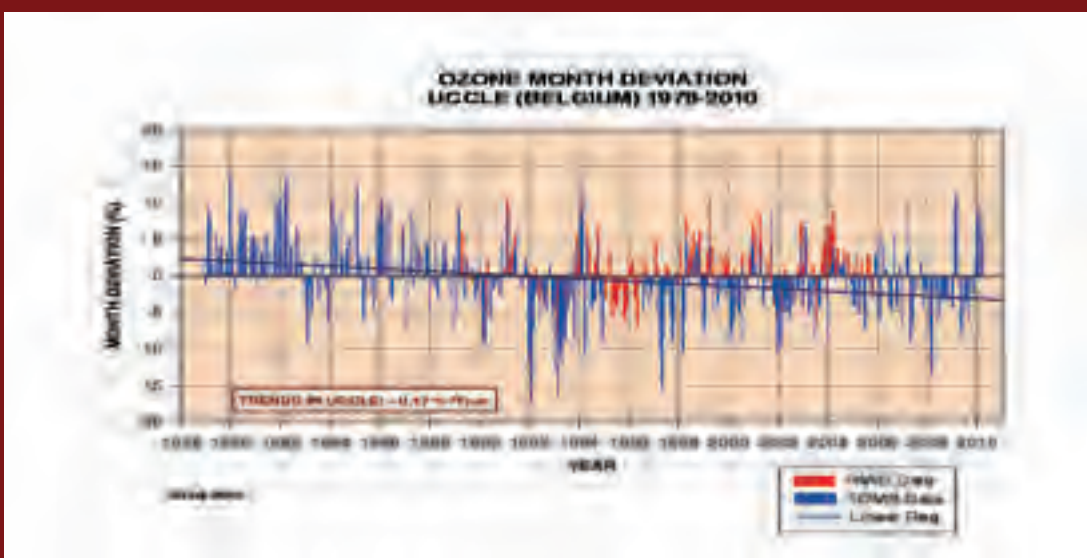


Fig.5: Tendence négative pour l'ozone mesuré à Uccle sur les trente dernières années. Il s'agit en fait d'un suivi de l'évolution de la variation mensuelle de l'ozone au cours de cette période.