

Impact des rayonnements UV sur la santé des végétaux.

Jean Pierre Garrec

INRA - Centre de Recherches Forestières de Nancy

Laboratoire Pollution Atmosphérique 54280 CHAMPENOUX (FRANCE)

Origine du problème

La forte utilisation des CFC a entraîné des perturbations de la couche d'ozone stratosphérique et une diminution de celle-ci connue sous le nom de «trou d'ozone». La diminution de cette couche d'ozone qui nous protège de certains rayonnements ultraviolets entraîne particulièrement une augmentation des flux d'UV-B (280-320 nm) en sachant que chaque fois que la quantité d'ozone stratosphérique baisse de 1%, le rayonnement UV-B augmente de 2%.

Si pour des raisons de circulation atmosphérique du niveau de la planète, cette baisse d'ozone concerne essentiellement les zones antarctiques, il faut signaler que l'on observe aussi actuellement une diminution de l'ozone stratosphérique dans tout l'hémisphère nord qui serait de l'ordre de 1,7 à 3% entre 1969 et 1986.

Impact primaire des UV-B sur les végétaux

Bien que les UV-B ne représentent seulement qu'une fraction mineure (1 à 5%) du spectre électromagnétique total atteignant la surface terrestre, une augmentation des UV-B a des effets biologiques importants à cause de leur absorption par l'ADN et par les protéines.

Cette absorption va entraîner des dommages photochimiques et altérer en particulier les acides nucléiques. Parallèlement, dans les cellules, les UV-B vont produire à partir de l'oxygène des radicaux libres (radical hydroxyl $\text{OH}^\cdot$, anions super oxyde $\text{O}_2^\cdot$) qui vont être à l'origine en particulier :

- d'un stress oxydatif
- d'une peroxydation des lipides

Les espèces d'oxygène excitées peuvent être également d'importants intermédiaires dans l'altération de l'ADN.

Conséquences physiologiques au niveau de la plante entière

Comme les UV-B sont absorbés par de nombreuses macromolécules, ils sont capables de perturber de nombreux processus physiologiques.

Il est maintenant bien établi que les UV-B ont un effet inhibiteur important sur la photosynthèse des végétaux terrestres et, de ce fait, une influence sur le contenu en glucides des végétaux.

L'augmentation de la dose d'UV-B inhibe partiellement certaines réactions dans le centre réactionnel du photosystème II, entraîne une diminution de la Rubisco, de l'hydrolyse de l'ATP

et des protéines membranaires des thylacoïdes, et se traduit aussi par l'altération de la structure des chloroplastes.

Les radiations UV-B provoquent également des efflux d'ions chez différentes cellules en affectant la perméabilité des membranes. De telles fuites intracellulaires peuvent résulter soit d'une désorganisation des membranes (inactivation d'enzymes liées à la membrane), soit d'une inhibition de processus de transport spécifique, ou soit d'une dépolarisation membranaire.

On sait en particulier que les espèces d'O₂ activées sont impliquées dans l'altération du transport membranaire (peroxydation directe des membranes).

Les radiations UV-B affectent aussi bien le plasmalemme que le tonoplaste. Il est probable que l'effet des UV-B sur la fermeture des cellules stomatiques se fasse par le biais du tonoplaste qui contrôle la turgescence cellulaire.

D'une manière générale au niveau des plantes entières, on considère que les UV-B entraînent une réduction de la photosynthèse nette (les C₃ plus sensibles que les C₄), mais aussi une inhibition de la croissance (réduction de la surface des feuilles, de la longueur des tiges, du poids frais et du poids sec, et donc une réduction de la biomasse et de la productivité), des changements anatomiques et morphologiques (plantes rabougries, naines avec une perte de la dominance apicale), des altérations au niveau du transport des photosynthetats (feuilles favorisées par rapport aux racines), une augmentation des flavonoïdes et des composés phénoliques, et une inhibition de la germination du pollen et de la croissance du tube pollinique.

Il faut toutefois signaler que beaucoup de ces modifications n'ont été observées qu'à partir d'expériences de laboratoire qui utilisaient de forts niveaux d'UV-B où un rapport des rayonnements visibles/UV-B trop faible qui amplifiait alors les effets des UV-B. Dans des conditions réalistes, les effets des UV-B sont plus subtils et ceux les plus fréquemment observés sont dans l'ordre : augmentations des flavonoïdes et des composés absorbants les UV-B, puis réduction de la croissance et changements morphologiques, et enfin, réduction de la photosynthèse.

Ces effets subtils, qui ne sont pas catastrophiques pour les plantes isolées, peuvent être très importants au niveau des interactions entre les organismes.

Protection des végétaux contre les radiations UV-B

D'une façon générale, dans les feuilles les UV-B sont fortement réduits avant d'atteindre le mésophylle et l'on admet qu'ils ont, en moyenne, une pénétration de 40 µm. La cuticule végétale est la première barrière limitant la pénétration des UV-B dans la feuille car de nombreux composés des cires épicuticulaires réfléchissent les radiations UV-B.

L'essentiel de l'atténuation résulte cependant de l'absorption et de la diffraction dans l'épiderme car pour la majorité des espèces la réflectance de la surface foliaire aux UV-B est inférieure à 5%.

Les flavonoïdes et les composés phénoliques voisins qui absorbent fortement dans les UV-B, mais transmettent les radiations visibles ou actives pour la photosynthèse, sont responsables de cette atténuation épidermique.

Les flavonoïdes UV - induits responsables de cette absorbance et de la protection contre les UV-B sont localisés dans la vacuole des cellules épidermiques.

Pour certains végétaux, une grande partie de la filtration des UV-B est réalisée dans les parois externes des cellules épidermiques, qui peuvent être particulièrement développées (conifères).

Il a aussi été constaté que les forts flux d'UV-B entraînaient une augmentation de l'épaisseur des feuilles, ce qui peut aussi être considéré comme une stratégie de protection contre le rayonnement.

Origine de la sensibilité des plantes

La sensibilité des plantes aux forts rayonnements UV-B semble avant tout liée au plus ou moins bon fonctionnement des barrières protégeant l'appareil photosynthétique. En effet, la sensibilité aux UV-B est généralement due à la «transmittance» de l'ensemble cuticule + épiderme. Cette «transmittance» dépend :

- des propriétés des surfaces foliaires : présence plus ou moins importante de cires et de trichômes, structures ayant un rôle sur la réflexion des UV-B.
- de l'épaisseur de l'épiderme, et surtout de l'épaisseur de ses parois.
- de la composition et de la concentration en pigments absorbants les UV-B dans les cellules épidermiques.

Plantes adaptées à des forts rayonnements UV-B

En générale, ces plantes adaptées aux UV-B sont des plantes qui reçoivent naturellement une forte irradiation solaire (plantes de régions méditerranéennes par exemple).

Sur la surface terrestre, la quantité de radiations solaires reçue est directement influencée par la latitude et l'altitude.

Globalement, les UV-B solaires augmentent vers l'Equateur où les hauteurs solaires sont plus fortes et la couche d'ozone stratosphérique la plus mince. Il est généralement admis que les plantes tropicales ont une résistance naturelle aux radiations UV-B.

Les radiations solaires en UV-B changent aussi avec l'altitude et elles croissent approximativement de 14 à 18% par tranche de 1000 m d'élévation, et les cultivars provenant de haute altitude pourraient avoir développé une plus grande tolérance aux radiations UV-B.

Il faut toutefois signaler que ces plantes «adaptées» ne sont pas forcément et automatiquement moins sensibles à une augmentation supplémentaire des flux d'UV-B.

Problèmes actuels liés à l'augmentation des flux d'UV-B

Le seul impact connu *in situ* dans le monde végétal de l'augmentation actuelle des UV-B dans l'atmosphère est une réduction de la productivité du phytoplancton au niveau des écosystèmes aquatiques de l'Antarctique.

Cette baisse de productivité peut aussi avoir des conséquences importantes car, d'une part ce phytoplancton constitue le début de nombreuses chaînes alimentaires, et d'autre part, car ce phytoplancton est un important «puits» à CO₂ au niveau de la planète.

Il est également signalé que les changements morphologiques et de la couleur observés sur des lichens *Cladonia mitis* collectés au Groenland et au Danemark seraient le résultat d'une augmentation des flux d'UV-B dans ces régions, suite à la mise en place de réactions de défense par ceux-ci.

Conclusion

Malgré l'interdiction de l'utilisation des CFC, pour un siècle encore, les concentrations de ce gaz dans la stratosphère devraient se maintenir au-dessus du niveau minimal nécessaire pour permettre à la couche d'ozone de s'épaissir.

Actuellement il faut savoir que la Terre de Feu à la pointe de l'Amérique du Sud, de par sa proximité du trou dans la couche d'ozone qui se forme au-dessus de l'Antarctique à chaque printemps, est la région où les variations en UV-B sont les plus grandes comparativement aux autres régions du monde qui possèdent une végétation terrestre.

Pour finir, il faut rappeler qu'au niveau du sol chaque fois que le flux d'UV-B augmente de 2%, ceci entraîne une augmentation de l'ozone troposphérique de 0,7 à 0,9%.