



# I. LES LÉSIONS DE L'ADN

## Le dommage initial : l'espace d'une fraction de seconde

Lorsqu'un rayonnement pénètre dans la matière, que celle-ci soit inerte ou vivante, il peut interagir avec les atomes rencontrés et perdre à chacune de ces interactions une partie de son énergie : c'est l'affaire d'une infime fraction de seconde. Cette énergie cédée sur place est transférée au milieu traversé, ce qui se traduit par des ionisations (arrachement d'électrons) et des excitations transitoires des atomes concernés. Les premières induisent des modifications structurales de la matière.

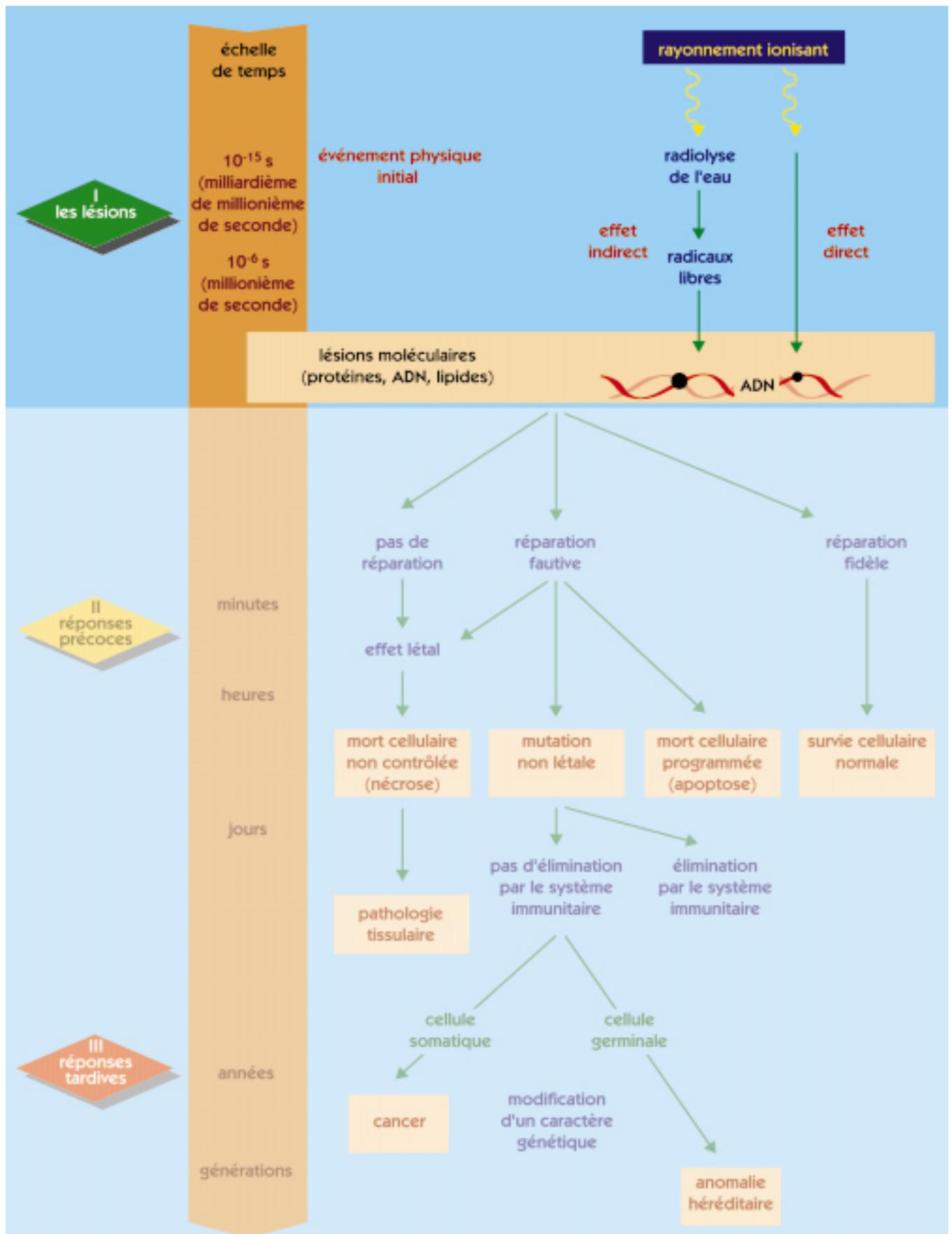
Dans un organisme vivant, la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN) est un constituant important des cellules, représentant plus d'un dixième de leur poids sec. Environ cinquante milliards de kilomètres d'ADN se trouvent en effet accumulés dans le noyau des quelque cinquante mille milliards de cellules d'un organisme humain. Cette molécule d'ADN, célèbre par sa structure à deux brins complémentaires organisée en double hélice, constitue le support de l'information génétique, d'où l'importance de son intégrité. Elle est comparable à un livre dont les phrases, les gènes, seraient composées de mots comprenant trois lettres choisies dans un alphabet chimique de quatre lettres (les quatre bases).

D'autres molécules, tout aussi indispensables à la vie, sont également susceptibles d'être affectées par les rayonnements ionisants : les molécules d'eau. Solvant de toutes les molécules de la cellule, l'eau occupe une place particulière puisqu'elle représente plus des deux tiers du poids du corps humain. Les rayonnements ionisants sont capables d'agir sur l'ADN de façon directe, par ionisation des atomes de cette molécule, et d'induire des modifications locales de la double hélice. Les mêmes dégâts peuvent être causés de façon indirecte, par ionisation d'une molécule d'eau. La décomposition de l'eau par les rayonnements ionisants génère en effet des espèces chimiques qui sont instables car elles possèdent un électron non apparié. Ce sont de puissants réactifs qui, s'ils sont créés au voisinage de l'ADN, vont l'oxyder. L'action des rayons ultraviolets et de certains toxiques chimiques conduit également à la formation de ces espèces actives de l'oxygène intervenant en outre dans les mécanismes du vieillissement cellulaire. Que les rayonnements ionisants agissent directement ou indirectement sur l'ADN, il en résultera des modifications du même type. Ces lésions, que ce soient des dégradations ou des disparitions de bases, des cassures de l'un ou des deux brins de la chaîne d'ADN ou encore des pontages entre cette molécule et certaines protéines, perturberont la conservation du patrimoine génétique. Diverses techniques d'analyse servent à étudier les changements de structure de la molécule endommagée.

Tous ces phénomènes moléculaires interviennent sur une durée très brève, entre un millionième et un millième de seconde au total. Pour les étudier sur un plan pratique, au-delà du concept global de dose absorbée, qui quantifie l'énergie déposée, la technique de la microdosimétrie permet d'étudier la géométrie microscopique du dépôt d'énergie en découpant en très petits volumes l'espace autour de la trace de la particule ionisante. Cette approche facilite l'évaluation des dégâts infligés à l'ADN et contribue, en complément des recherches sur les mécanismes fondamentaux, à mieux expliquer l'action des rayonnements.

**Christine Jimonet**

Institut national des sciences et techniques nucléaires  
CEA/Saclay



Effets biologiques des rayonnements ionisants. Évolutions possibles au niveau cellulaire en fonction du temps.

N.B. Tous les événements indiqués n'ont pas la même probabilité de se produire. La survie cellulaire normale, par exemple, est le cas le plus fréquent après réparation de l'ADN.