

ETUDE EXPERIMENTALE DES EFFETS GENETIQUES DE LA  
RADIOACTIVITE NATURELLE

M. Delpoux (1), H. Dulieu (2), A. Léonard (3)

Universités Paul Sabatier de Toulouse France (1), de Bourgogne  
à Dijon, France (2), et de Louvain (Woluwé), Belgique (3)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE GENETIC EFFECTS OF THE  
NATURAL RADIOACTIVITY

The dose rates of natural telluric radioactivity usually range between 0.3 and 3.0 mGy/year ; however, they sometimes reach considerably higher values (more than 1 Gy/year). Apart from rare exceptions, the living organisms present on or in such soils are apparently normal. Yet, laboratory studies on their progenies suggest that natural telluric radiations have genetic effects. This has been verified by means of plant and animal genetic markers. The former have also shown that other environmental factors may in the long run play some role in the evolutionary process.

INTRODUCTION

Peu de travaux ont été consacrés à l'étude des effets biologiques de la radioactivité naturelle. La synthèse présentée ici, concerne les principes de quelques expérimentations et les résultats les plus importants obtenus ces vingt cinq dernières années par un groupe de recherche pluridisciplinaire.

MATERIELS ET METHODES

Trois types de travaux ont été réalisés :

I - observation de végétaux inféodés à plusieurs sites uranifères présents dans le sud de la France et comparaison avec les mêmes espèces présentes sur des substrats voisins ne contenant pas d'uranium et ses descendants radioactifs.

II - récolte de graines sur des espèces végétales présentes à la fois sur des substrats uranifères et non uranifères, les deux types de semences étant semées, pour comparaison, dans les mêmes conditions de microclimat, de substrat et d'environnement faiblement radioactif (bruit de fond naturel).

III - utilisation de marqueurs génétiques cultivés ou élevés au-dessus de certains de ces sites uranifères et sur des sites témoins voisins afin de détecter et d'évaluer les éventuels effets génétiques soupçonnés grâce aux travaux précédemment réalisés *in situ*. Les principaux marqueurs utilisés sont :

- le système  $a1+/a1$   $a2+/a2$  du Tabac : il est constitué par deux gènes indépendants  $a1$  et  $a2$  conditionnant la différenciation des chloroplastes dans la variété *xanthi* n.c. de *Nicotiana tabacum* L. A l'état hétérozygote ( $a1+/a1$   $a2+/a2$ ), cette combinaison génétique qui donne une couleur vert jaune aux feuilles par suite d'une déficience chlorophyllienne partielle, permet de déceler facilement les variations somatiques liées à ses modifications. Les plus fréquentes correspondent à des réversions de  $a1$  vers  $a1+$  ou de  $a2$  vers  $a2+$  qui s'expriment sous la forme de taches vert foncé sur le fond vert jaune des limbes. Le taux de réversion moyen ( $\rho$ ) par génération cellulaire, s'obtient par un calcul simple à partir de données faciles à mesurer : surface des

feuilles (S), surface totale des secteurs mutés sur les feuilles étudiées (Sg), densité cellulaire (d) :

$$p = 1 - \left[ \frac{S-Sg}{S} \right]^{1/t} \quad \text{où } t = \frac{\log Sd}{\log 2} - 7 \quad \text{et } N = Sxd,$$

t étant le nombre de générations cellulaires nécessaires pour former le tissu foliaire étudié.

- des petits mammifères : lapins venant d'un élevage régional et souris de la race BALB/c. Ils ont été élevés dans des dispositifs construits au-dessus du site radioactif de Riviéral dans le Bassin permien de Lodève (France), des animaux témoins étant maintenus au voisinage, dans des dispositifs similaires placés au-dessus de sites caractérisés par le seul bruit de fond naturel. Chez les lapins, l'étude a concerné les chromosomes des lymphocytes. Chez les souris, c'est la fertilité des individus mâles et femelles qui a été prise en compte.

Dans tous les cas, les marqueurs génétiques sont cultivés ou élevés de manière à n'être soumis qu'à l'action des rayonnements ionisants émis par les sites uranifères.

## RESULTATS

### I - Observation des végétaux inféodés aux sites uranifères :

- sauf exception, les formations végétales et les végétaux présents sur ces terrains ont des caractéristiques déterminées par le climat de la région, le sol, l'action humaine et la concurrence biologique entre espèces en mélange ou en compétition sur les sites radioactifs. Ces ensembles biologiques ne sont pas "marqués" par les irradiations chroniques subies.

- une seule fois au printemps 1977 et sur le seul site uranifère du Mas d'Alary dans le Bassin de Lodève un cas d'albinisme a été observé sur *Galactites tomentosa* L. composée produisant normalement des capitules à fleurs violettes. Parmi les individus porteurs de telles inflorescences, il en a été distingué qui ne portaient que des capitules à fleurs blanches et d'autres portant à la fois des capitules à fleurs violettes et des capitules à fleurs blanches.

Cette dernière catégorie montre que les potentialités en ce qui concerne la couleur des fleurs a changé au cours de développement des plants. Le fondement génétique de ce changement a été démontré en étudiant la descendance, hors site uranifère, des trois catégories d'individus.

- on peut affirmer que en dehors de cette exception, certes spectaculaire, la présence de radionucléides en quantités anormalement élevées dans les substrats des sites uranifères et l'augmentation concomittante de l'irradiation tellurique ne modifient pas en apparence, les caractéristiques des populations vivantes fixées sur ces sites.

### II - Etude de la descendance des végétaux inféodés aux sites uranifères

Des graines appartenant à différentes espèces (*Aegilops ovata* L., *Leucanthemum vulgare* L., *Nigella damascena* L., etc.) récoltées sur différents sites uranifères et sur des sites voisins non uranifères ont parfois permis de détecter dans les descendance observées des différences significatives (taux de germination,

taille des plantules et des plants adultes, etc.), transmissibles à travers les générations.

Ce fait s'ajoutant au cas d'albinisme observé *in situ*, a suggéré l'idée de la possibilité de modifications génétiques dans les espèces vivantes présentes sur les sites uranifères. Peuvent-elles être attribuées à l'action des rayonnements ionisants émis par l'uranium et ses descendants radioactifs ? Seule une expérimentation impliquant des marqueurs génétiques bien connus, soumis aux seuls rayonnements émis par les sites uranifères a permis d'apporter une réponse.

### III - Modifications de marqueurs génétiques importés :

- système  $a1+/a1$   $a2+/a2$  du Tabac :

Plusieurs essais ont été réalisés sur des sites uranifères du Bassin de Lodève et du Lauragais : la fréquence des variations somatiques observées sur les feuilles formées au-dessus des terrains uranifères a, parfois très nettement, augmenté. Le calcul des taux de réversion par génération cellulaire a montré que :

- il existe un seuil de débit de dose entre 3 à 4 cGy/an au-dessous duquel la radioactivité naturelle ne modifie pas le système marqueur ;

- au-dessus de cette valeur, et jusqu'aux valeurs les plus élevées mesurées sur les sites uranifères choisis pour l'expérimentation (environ 0.5 Gy/an), la relation dose-effet génétique est linéaire.

- aberrations chromosomiques chez le lapin :

Alors que les lymphocytes témoins n'en n'ont jamais montré, ceux étudiés chez les lapins maintenus au-dessus du site radioactif de Riviéral dans le Bassin de Lodève étaient caractérisés, après un an de séjour (doses reçues suivant les animaux de 0.2 à 0.7 Gy), par la présence de chromosomes dicentriques. L'expérience s'est poursuivie pendant trois ans. Après deux ans d'irradiation chronique, la fréquence des chromosomes dicentriques a peu à peu diminué pour devenir nulle au cours de la troisième année.

- fertilité chez la souris :

En sept mois, les animaux témoins et irradiés ont reçu respectivement 1.275 mGy, 0.45 et 0.63 Gy. Alors qu'une dose de 0.45 Gy a accru la fécondité des mâles et diminué celle des femelles, comme ceci avait été déjà observé dans une expérience préliminaire d'une durée de quatre mois sur des animaux ayant reçu des doses de 0.13 et 0.15 Gy. La fertilité des animaux ayant reçu une dose de 0.63 Gy a diminué dans les deux sexes.

L'ensemble des résultats obtenus démontre la réalité des effets de l'irradiation tellurique et en même temps, la complexité des faits observés.

### CONCLUSION

Ponctuellement, l'irradiation naturelle tellurique provoque des changements dans les marqueurs expérimentés dont l'utilisation permet de détecter et d'évaluer des effets discrets et même la plupart du temps cachés ou inexprimés dans les populations naturelles pour différentes raisons, notamment :

- masquage par ceux liés à d'autres facteurs écologiques agissant simultanément ;

- faibles valeurs dans la nature des taux de germination et de reproduction ;
- généalogies impossibles à reconstituer sur le terrain ;
- masquage dans les espèces spontanées d'éventuels effets génétiques par les structures au moins diploïdes des espèces supérieures constituant l'essentiel de la biomasse actuelle;
- disparition des individus porteurs d'éventuelles anomalies sévères, en particulier de ceux porteurs de mutations létales.

Des études complémentaires, ont montré que d'autres facteurs de l'environnement : pollution atmosphérique, composition chimique des substrats, etc., déterminent des changements comparables à ceux observés au-dessus des terrains fortement radioactifs. La radioactivité naturelle, là où elle est anormalement élevée, et d'autres composantes de l'environnement peuvent de ce fait être considérées comme des facteurs de novation génétique susceptibles de jouer un rôle dans les processus de la différenciation biologique et au delà de la spéciation.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Delpoux, M., 1974, Etude expérimentale des effets de l'irradiation naturelle tellurique. Hypothèses sur l'influence de l'environnement fortement énergétique sur les êtres vivants, Thèse Univ., Toulouse.
2. Léonard A., Delpoux, M., Decat G. and Léonard E.D. 1978, Natural Radioactivity in South-West France and its possible Consequences for Mammals, *Radiation Research*, 77, 170-181.
3. Dulieu, H.L., and M.A. Dalebroux, 1975), Spontaneous and induced reversion rates in a double heterozygous mutant of *Nicotiana tabacum* var. *xanthi* n.c.dose-reponse relationship, *Mutation Research*, 30, 63-70.
4. Delpoux M., and Dalebroux M.A., 1981, Genetic Effects on the *a1+/a1 a2+/a2* System of Tobacco over a Uranous Site in the Permian Basin of Lodève (Hérault, France), *Mutation Research*, 82, 101-110.
5. Delpoux M., and Dalebroux M.A., 1981, Genetic Effects on the *a1+/a1 a2+/a2* System of Tobacco over a Uranous Site in Lauragais (Aude, France), *Mutation Research*, 82, 375-382.
6. Léonard A., Delpoux M., Chameaud J. Decat G., and Léonard E.D., 1981, Biological Effects observed in Mammals maintained in an area of very high natural radioactivity, *Canad.J. Gen.Cytol.* 23, 321-326.
7. Léonard A., Meyer R., Delpoux M., Léonard E.D. and Decat G., 1983, Influence d'une radioactivité naturelle élevée sur la fécondité des souris mâles, *C.R. Soc. de Biologie, France*, 2, 234-238.
8. Delpoux M., Dalebroux M.A., Dulieu H., Léonard A., 1986, L'irradiation naturelle tellurique et les êtres vivants, *Bull. Soc. Ecophysiologie*, 11, 2, 157-184.

REMERCIEMENTS : travaux financés par la C.C.E (Contrat BF-16-F-122F, sous- contrat no.SC-001F)