

La suppression des dommages aux bois par des radiations ionisantes

J. BORS

I. INTRODUCTION

La plupart des recherches radiobiologiques sur les organismes destructeurs de bois, tels que les champignons et les insectes, ont porté, au début, sur les insectes. La raison pourrait en être que les insectes se rencontrent plus souvent que les champignons comme destructeurs de bois et qu'ils sont nettement plus sensibles qu'eux aux rayons. La destruction totale des coléoptères adultes ou de leurs larves, nécessite des doses de rayonnement de 40-60 Krad; toutefois, après exposition à 10.000-15.000 rad, ils ne pondent plus d'œufs féconds (Bletchley and Fischer 1957, Bletchley 1961). Les champignons destructeurs de bois sont beaucoup plus résistants aux rayons ionisants. Pour les anéantir, des doses de 200-300 Krad sont nécessaires. Pour leurs spores, ces valeurs augmentent encore. Afin de faciliter la lutte contre les champignons, il fallait donc vérifier jusqu'à quel point il était possible de diminuer leur résistance aux rayons en employant des facteurs sensibilisateurs. L'excédent en O₂, ainsi que l'augmentation de température, constituent de tels facteurs. Du point de vue de l'application pratique, la température de rayonnement est la plus importante, son augmentation, notamment dans des locaux fermés, étant facile à réaliser. C'est pourquoi nous étudions l'effet d'une augmentation de température sur la résistance aux rayons des champignons.

II. SENSIBILISATION DES CHAMPIGNONS DESTRUCTEURS DE BOIS, AUX RAYONS, PAR AUGMENTATION DE TEMPERATURE

La littérature l'avait déjà fait savoir, et nos propres investigations préalables l'ont confirmé: l'action des rayons est également influencée par la nature du substrat nutritif. Il parut donc logique de précultiver les champignons sur de la gélose de bio-malt et dans le bois en vue de l'expérience d'exposition au rayonnement. Le rayonnement fut effectué au moyen d'une source au ¹³⁷Cs, à une puissance dosée à 210 rad/min. Les échantillons sur gélose, exposés au rayonnement à 10 reprises

successives, furent couchés dans des cuvettes de culture et, après un séjour de 10 jours, on mesura la longueur du mycélium comme critère de l'effet de rayonnement.

a) *Merulius lacrymans*

1. Exposition au rayonnement dans du bio-malt.

Les expériences d'exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt ont prouvé que le *Merulius* réagit déjà à une faible augmentation de température pendant le rayonnement. Nous pensons qu'il y a lieu d'attribuer ce phénomène à l'étroit optimum de température, si caractéristique pour ce genre de champignon. Le tableau 1 donne les résultats des expériences d'exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt. Les chiffres expriment l'accroissement — en pourcentage — de la longueur du mycélium de surface.

TABLEAU 1

Accroissement — en pourcentage — de la longueur du mycélium du Merulius lacrymans après exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt.
Contrôle à 20° C = 100 %.

D (krad) ^T	20° C	30° C	32° C
0	100	20	15
0,21	62	15	9
0,64	101	19	14
2,1	77	23	12
6,4	46	4	—
21,0	22	1	—
64,0	5	—	—
210,0	1	—	—

Il ressort en premier lieu du tableau qu'à mesure que la dose de rayonnement augmente, l'accroissement de longueur diminue de façon à peu près continue. A des températures plus élevées, la diminution de la résistance aux rayons est certaine. Alors qu'une dose de 210 Krad est nécessaire pour détruire le mycélium à 20° C, le même effet est obtenu à 32° C avec 6 Krad environ.

2. Exposition au rayonnement dans le bois.

Une affirmation définitive et ayant une valeur pratique sur la résistance du *Merulius* aux rayons ne peut être avancée que lorsque l'exposition au rayonnement a lieu dans des conditions naturelles. Il ressort de travaux récents qu'à des températures de rayonnement avoisinant 0° C on a obtenu de bons résultats du point de vue de la résistance aux rayons sur des spores de *Clostridium botulinum*, (Grecz, 1966). En conséquence, nous avons également étudié le *Merulius* à

une température de rayonnement de 0° C. Les résultats de ces essais apparaissent au tableau 2.

TABLEAU 2

Accroissement — en pourcentage — de la longueur du mycélium du Merulius lacrymans après exposition au rayonnement dans le bois.
Contrôle à 20° C = 100 %.

D (krad) ^T	20° C	26° C	28° C	30° C	0° C
0	100	12	48	7	105
0,21	68	3	25	—	—
0,64	25	2	8	—	—
2,1	14	28	7	—	112
6,4	5	6	3	—	54
21,0	1	—	—	—	12
64,0	—	—	—	—	—
210,0	—	—	—	—	—

L'observation la plus importante faite au cours de ces essais, c'est que dans le bois, le *Merulius* arrête sa croissance à des doses de rayonnement moins importantes que celles observées lors de l'exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt. La raison pourrait en être la composition physiologique plus favorable du bio-malt. Par ailleurs, il s'agit surtout dans les échantillons de bois de mycélium de substrat, alors que dans le bio-malt, il existe également dans les échantillons du mycélium de surface en quantités assez importantes. Pour la lutte pratique contre ces champignons, il est important de noter qu'à 26° C, le mycélium est totalement anéanti après l'application d'une dose d'environ 20 Krad déjà. Le rayonnement à 28° C n'offre aucun avantage par rapport à celui à 26° C; on peut, au contraire, parler d'une certaine reprise du développement. Nos espoirs relatifs au traitement à 0° C ont été déçus.

b) *Coniophora cerebella*

Le *Coniophora cerebella*, la moisissure des caves, diffère du *Merulius* par ses exigences relatives à l'humidité de l'air et à la température. Lorsque celles-ci existent à l'état optimum, il détruit le bois aussi radicalement que le fait le *Merulius*. On le rencontre surtout dans des constructions neuves.

1. Exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt.

Les résultats des expériences d'exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt sont groupés au tableau 3. Les essais et leur interprétation ont été effectués de la même manière que pour le *Merulius*.

Il ressort du tableau que le *Coniophora cerebella* présente approximativement la même résistance aux rayons que le *Merulius* à

TABLEAU 3

Accroissement — en pourcentage — de la longueur du mycélium de *Coniophora cerebella* après exposition au rayonnement dans la gélose de bio-malt.
Contrôle à 20° C = 100 %.

D (krad) T	20° C	34° C	36° C
0	100	68	37
0,21	92	88	25
0,64	106	66	47
2,1	92	92	1
6,4	82	51	2
21,0	51	1	—
64,0	7	—	—
210,0	—	—	—

la température du local, à savoir cessation totale de croissance à 200 Krad. Ce qui est surprenant, c'est que pour obtenir l'abaissement des doses létales, des températures beaucoup plus élevées sont nécessaires que dans le cas du *Merulius*. Le même effet léthal est obtenu avec 20 Krad à 26° C chez le *Merulius*, et à 34° C chez le *Coniophora*.

2. Rayonnement dans le bois.

L'effet d'une augmentation de la température de rayonnement sur *Coniophora* dans le bois peut être lu au tableau 4.

TABLEAU 4

Accroissement — en pourcentage — de la longueur du mycélium de *Coniophora cerebella* après exposition au rayonnement dans le bois.
Contrôle à 20° C = 100 %.

D (krad) T	20° C	34° C	36° C
0	100	43	77
0,21	112	36	46
0,64	104	54	67
2,1	84	12	48
6,4	62	2	4
21,0	17	—	—
64,0	—	—	—
210,0	—	—	—

Le *Coniophora cerebella* réagit à un changement d'emplacement d'une manière comparable à celle du *Merulius*, par une diminution notable de la résistance aux rayons. La tendance à la sensibilisation aux températures plus élevées de rayonnement est maintenue dans le bois. Il suffit de 20 Krad de dose de rayonnement pour détruire complètement le

mycélium du *Coniophora*, si la température pendant l'exposition au rayonnement est portée à 34° C. Des doses inférieures de rayonnement ne produisent aucun effet synergique.

III. TRAITEMENT A L'AIDE DE RAYONS IONISANTS, DE BOIS ATTAQUE

Si l'on veut donner des indications valables sur les doses létales nécessaires, on peut constater que lorsque la température est portée à 34° C, une dose de 20.000 rad environ est nécessaire pour détruire intégralement tous les champignons et insectes. Lorsque l'objet à traiter est attaqué par le véritable *Merulius* vrai (champignon de moisissure), ce résultat peut être atteint avec la même dose de rayonnement, en portant la température de rayonnement à 26° C seulement. La manière d'obtenir ces doses de rayonnement, même dans les couches profondes du matériau attaqué, constitue un problème plus ou moins technique. On peut, par exemple atteindre la dose indiquée ci-dessus à 18 cm de profondeur dans le bois après une exposition d'environ 30 heures au rayonnement d'une source de CO_{60} de 1.000 Ci de puissance, à condition d'installer cette source à 1 m de distance de la surface de l'objet à traiter. Si la couche de bois à traiter a une épaisseur de 35 cm et s'il est possible de le traiter des deux côtés, le bois sera entièrement débarrassé d'organismes nuisibles après 30 heures. La plus grande difficulté pratique réside actuellement dans la nécessité de protéger les environs contre l'action du rayonnement. Cela pose des problèmes dans le cas où l'affaiblissement des rayons dû à la distance ne peut pas être directement mis à profit en tenant les personnes à l'écart.

C'est le cas, par exemple dans les régions à population dense. Dans des bâtiments isolés, il est relativement facile d'interdire la circulation des personnes dans le voisinage pendant la durée du traitement. Un traitement à l'intérieur de quartiers d'habitation par contre nécessiterait l'installation de blindages lourds et coûteux. Ici encore, on pourrait certainement combiner le blindage avec l'interdiction de circulation des personnes. En prenant des mesures de cet ordre, il faut toujours partir de l'idée qu'un barrage est préférable, le blindage entraînant naturellement des dépenses beaucoup plus considérables. Si l'on veut, pour reprendre l'exemple donné ci-dessus, faire traverser une couche de bois de 35 cm d'épaisseur par les rayons d'une source de CO_{60} de 1.000 Ci de puissance, la dose de rayons subsistant derrière cette couche sera encore de 340 rad/heure. Une couche de plomb de 14 cm d'épaisseur serait nécessaire pour réduire ce rayonnement à la valeur maxima admise par la loi à une distance de 10 m. En l'absence de cette protection par le plomb, les personnes devraient être tenues à 250 m de distance. Lorsque par exemple, le bois à traiter est entouré d'un mur de pierre ou de béton de 50 cm d'épaisseur, l'espace à protéger des rayons se réduit de 250 à 30 m. Ces exemples doivent uniquement indiquer quels sont les réflexions et les calculs préalables à effectuer dans chaque cas.

On imagine aisément que les frais occasionnés par l'achat de la source de rayons, le blindage et le transport sont assez élevés. Ces frais ne peuvent être couverts que si le blindage et son transport sont peu importants, et si, d'un autre côté, l'installation est fréquemment utilisée. On peut admettre qu'il existe suffisamment d'objets qui attendent d'être traités. Il y a en outre la possibilité d'employer cette installation pour d'autres usages importants, tels que l'exposition au rayonnement de denrées. En utilisant des appareils à rayons X, les mesures de protection sont nettement moins importantes; cependant, ces appareils ne peuvent servir que dans le cas d'objets de faible épaisseur, la profondeur de pénétration des rayons X étant généralement insuffisante (dans le bois, sous 300 KV = 3 cm environ). Par ailleurs, la capacité d'utilisation en surface d'un appareil à rayons X est assez peu favorable.

A côté de la partie organisation, à laquelle revient une place prépondérante dans les considérations futures, un certain nombre de travaux de recherche devront être effectués dans le domaine de la protection contre le rayonnement, et d'autres dans celui de la biologie des organismes nuisibles. Après un essai simple, nous avons pu élucider une question de détail d'une certaine importance : il s'agissait de contrôler si la conductibilité du mycélium de *Merulius* pouvait être détruite en exposant ce dernier au rayonnement. Dans l'affirmative, l'exposition au rayonnement de surfaces murales entières deviendrait inutile. On ne pourrait toutefois, même dans ce dernier cas, renoncer à la lutte contre le foyer d'infection du champignon.

Des morceaux de bois de taille identique traversés par du mycélium furent posés sur une plaque de verre et des briques furent placées en face d'eux, à 15 cm de distance. Dans la disposition A, seul le mycélium en travers est exposé à un endroit, pendant que dans la disposition B, le bois et une partie du mycélium poussé en surface est soumis au rayonnement. Une installation de CO_{60} d'une puissance de 10.000 Ci sert de source de rayonnement. Le rayonnement fut appliqué à partir du moment où le mycélium avait atteint les briques. Après l'exposition au rayonnement, le champignon arrêtait momentanément sa croissance. Dans la disposition A, où le mycélium dans le bois n'avait pas été détruit, il repoussait après un certain temps. Dans la disposition B, dans laquelle le foyer d'infection avait été également supprimé, il ne se produisit plus de nouvelle végétation. Il se confirmait ainsi qu'à la suite de l'exposition au rayonnement, le mycélium perd la faculté de conduire de la nourriture et de l'eau aux endroits d'attaque. Extérieurement, la mycélium ne subit aucune attaque à ces doses de rayonnement ($2 \cdot 10^5$ rad).

Les installations de rayonnement qui se trouvent à l'Institut de Radiobiologie de l'U.T. de Hanovre ont été prévus primitivement pour les besoins de la recherche; ils ne conviennent donc pas au traitement d'objets de grandes dimensions. C'est dans le seul but de démontrer l'efficacité de la méthode de rayonnement qu'un autel en bois et d'autres

sculptures en bois provenant de la « Lüneburger Heide » furent traités à l'Institut, avec succès d'ailleurs, à la demande du Conservateur du Land de Basse-Saxe.

IV. RESUME ET PERSPECTIVES

Les investigations décrites ici montrent qu'une lutte contre les champignons destructeurs du bois à l'aide de rayons ionisants est en principe possible. Le point de départ en est la remarquable dépendance entre la température et la résistance aux rayons des deux sortes de champignons étudiés ici. Les doses de rayonnement et les températures constatées pour les champignons destructeurs de bois suffiraient en tout cas pour détruire les insectes ennemis du bois. Parmi les avantages du rayonnement par rapport à la méthode chimique, on peut citer la nature non spécifique des rayons et la pénétration totale des fissures et des pores de la maçonnerie. Un inconvénient par contre réside dans le fait qu'elle n'empêche pas une réinfection ultérieure. En tout cas, les bases scientifiques existantes ne le permettent pas. D'un autre côté, les deux méthodes se complètent de manière significative : le rayonnement comme moyen d'anéantissement des organismes destructeurs de bois, la méthode chimique pour la prévention d'une réinfection. Avant d'envisager la réalisation d'une importante installation de rayonnement aux fins de protection du bois, il y aurait lieu d'établir une liste des bâtiments et des objets attaqués, dans le domaine national ou encore au point de vue international, pour peser la rentabilité de telle ou telle méthode. Des objets d'art en bois, présentant des dimensions relativement faibles (sculptures, autels, bahuts, tableaux, etc.) peuvent dès maintenant être traités à l'aide des installations de rayonnement habituelles.

V. BIBLIOGRAPHIE

- BLETCHLEY I.D. and FISCHER R.C., Use of Gamma Radiation for the Destruction of wood-boring insects. *Nature*, London 179 (1957) 670.
- BLETCHLEY I.D., The effect of radiation on some wood-boring insects. *Ann. appl. Biol.* 49, 362-370 (1961).
- BORS J. und GLUBRECHT H., Untersuchungen über die Strahlenresistenz holzerstörender Pilze. *Holzforschung*, 21, 129-135 (1967).
- GRECZ N., Theoretical and applied aspects of radiation D - values for spores of *Clostridium botulinum* Proc. of IAEA-Symp. 1966 Karlsruhe, S. 307-320.
- SCHMIDT H., Die Wirkung von Röntgenstrahlen auf holzerstörende Insekten. *Holzforschung und Holzverwert.* 13, 8-11 (1961).

SUMMARY

ELIMINATION OF DAMAGE CAUSED TO WOOD BY MEANS OF IONIZING RAYS

High energy rays are capable of penetrating deeply into the core of matter to exert their biological action. However, toadstools which attack wood have such an intense ray-resistance that the application of the ray-doses necessary for their destruction involves difficulties in practice. It has been attempted to sensitize toadstools to the action of ionizing rays by raising the exposure-temperature to radiation.

In the case of *Merulius lacrymans*, the lethal dose of 64 Krad in wood can be lowered to 20 Krad by raising the irradiation temperature from 20° C to 26° C. The same synergetic effect can be obtained with *Coniophora cerebella* only at a temperature of 34° C. It has been noticed that at lethal ray-doses the water- and food-conductivity of micelles are destroyed. It is therefore possible, for practical purposes, to avoid complete irradiation of large wall-surfaces in some particular cases. In all instances, the seat of infection must be destroyed. At present there are no grounds for certitude that irradiation will mean protection of the material treated against any future infection. It consequently appears that a simple chemical application is a suitable complement to the irradiation method.

The irradiated material should therefore be treated superficially with chemicals. For objects of a bigger size ray sources with activity ranked in the scope of 1000 Ci must be provided. In practice, protection against the action of rays, where such treatment is applied, involves a specific problem. The easiest solution is to close up the dangerous area in order to keep people away, but this is not very feasible in highly populated areas, where expensive screens have to be accommodated. Where irradiation is by X-rays the problem is easier, though their utilization is limited to less thick objects, since their penetrating power is in many cases insufficient.

The question as to whether the irradiation system is worthwhile or not in the light of the expense involved should be studied on a national and an international level, after establishment of an inventory of the objects to be treated.