

BULLETIN MENSUEL
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON

FONDEE EN 1822

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE PAR DECRET DU 9 AOUT 1937
des SOCIETES BOTANIQUE DE LYON, D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON
REUNIES

et de leurs GROUPES REGIONAUX : ROANNE, VALENCE, etc

Siège Social et Secrétariat Général : 33, rue Bossuet, Lyon (6^{me})

Trésorier : M. H. BONVALLET, 20, rue Molière, Lyon (6^e).

ABONNEMENT ANNUEL : France et Union 12 F — C.C.P. Lyon 101-98
Etranger 13 F
Scolaires Réduction de 50 %

Frais d'inscription : plaque adresse, carte de membre : 1 F en sus

N.B. — Les virements à notre C.C.P. Lyon 101-98 doivent être rédigés
au nom de la **SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON**

Pour tout changement d'adresse, prière de nous faire parvenir
la dernière bande et la somme de 1 F. (Timbres acceptés).

ACTION DES ULTRASONS SUR LES GRAINES

par Nicole PRUM.

INTRODUCTION

D'après PRUDHOMME (19) les premières recherches ultrasoniques datent de 1909, époque à laquelle KÖNIG réussit à engendrer des ultrasons de 70 000 Hz à l'aide de tout petits diapasons. Les sifflets diapasons plaques animés d'une façon mécanique ne pouvant fournir que des puissances bien faibles ou de basses fréquences, il a fallu attendre la conversion facile de l'énergie électrique en énergie acoustique pour obtenir la génération de fréquences élevées et puissantes. LANGEVIN et CHILOWSKY en 1915 en utilisant les propriétés électriques du quartz, découvertes quelques années auparavant par les frères CURIE, arrivèrent à ce but. Les chercheurs se sont aperçus que ces nouvelles vibrations produisaient des phénomènes non encore entrevus avec les sons audibles. Les ultrasons provoquent la formation d'eau oxygénée dans l'eau, la libération des halogènes de leurs sels et des hydrocarbures, la disparition des doubles liaisons. Les protéines et nucléoprotéines sont modifiées. Les actions chimiques des ultrasons ne se manifestent qu'en présence d'eau.

L'action des ultrasons est assez semblable à celle des rayons α . Etant donné les réactions chimiques provoquées par les ultrasons : oxydation, réduction, polymérisation, formation d'émulsion, cytololyse, et les phénomènes physiques : cavitation, pression, les ultrasons ont une action très nette sur les organismes vivants. C'est pourquoi l'action des ultrasons sur les graines des plantes a été étudiée par de nombreux auteurs.

Le spectre des ondes ultrasonores est très étendu : dans un milieu liquide on peut obtenir des ultrasons avec une longueur d'onde qui va de quelques centimètres jusqu'au centième de millimètre et une intensité qui varie de 0,001 à 0,01 V/cm². Seuls les ultrasons d'une intensité relativement grande possèdent la propriété d'agir sur la substance en provoquant des transformations d'ordre physique et chimique.

HISTORIQUE

Les premiers communiqués sur l'effet stimulant des ultrasons ont été faits par les chercheurs soviétiques ISTOMINA et OSTROVSKY (12). Selon eux à partir de tubercules traités avec une énergie ultrasonore de 400 kcycles pendant 1 minute on obtient des augmentations du rendement des pommes de terre atteignant en moyenne 16,7 % par rapport aux témoins. L'énergie acoustique était de 20 Watts. Le traitement des graines de pomme de terre avance la date de la floraison de 7 jours et augmente aussi le rendement.

Ensuite les chercheurs ont étudié l'action des ultrasons sur différents types de graines. Parmi les plantes qui ont été l'objet de leurs travaux on note la présence de nombreuses Graminées ; en particulier : des céréales telles que l'orge, le blé ; d'autres plantes alimentaires : pomme de terre, pois, fève, radis, soja, cresson et plus rarement des plantes médicinales : Datura, Cynara.

On peut distinguer 2 grands types d'expériences sur les graines de ces plantes :

- action des ultrasons sur des graines sèches,
- action des ultrasons sur des graines préalablement trempées.

D'autre part quelques expériences ont été réalisées sur des graines ayant déjà germé.

ACTION SUR DES GRAINES SÈCHES

MARTINEC (16) traite des graines de millet (*Panicum*) à l'aide du générateur Iron Ultra Ton U 1010 avec une puissance de 4,5 W d'énergie sonore pendant 30 mn, 1, 2 et 4 h avec une fréquence de $3,3.10^{-6}$ vibrations et une longueur d'onde de 0,0448 cm. Mais comme il constate assez rapidement que les graines sèches sont plus résistantes à l'action des ultrasons que les graines germées il préfère travailler sur ce second matériel et n'indique aucun résultat pour les graines non germées.

LOZA (14) reprend les recherches en utilisant un matériel botanique différent : riz, soja, pois, radis. Il opère avec un matériel supprimant pratiquement les ondes stationnaires ce qui permet d'avoir une action homogène des ultrasons. Il met les graines dans des tubes de cellophane et les irradie pendant 5, 15 et 30 minutes sous une intensité de 0,8 A et à la fréquence de 960 000 périodes/s. D'après cet auteur les graines ne paraissent pas affectées sauf par une exposition assez longue au bout de laquelle quelques plantules ont été tuées, ce qui explique le plus faible pourcentage de germinations. Par exemple, le soja : les graines irradiées pendant 30 mn donnent après 11 jours seulement 61 % des germinations contre 85 % pour les graines témoins. L'auteur précise qu'en aucun cas il n'a retrouvé l'accélération de la germination observée par ISTOMINA et OSTROVSKY.

Un peu plus tard, TOMBERG (22) étudie l'action de différents agents physiques (U.V., O.C.) et en particulier les ultrasons sur la germination de *Lepidium sativum* à l'aide d'un Ultra Vibrator qui fournit une puissance de sortie de 65 W acoustiques. La fréquence utilisée est de 800 kHz et la puissance de 0,4 W/cm² et 2 W/cm² pendant 10 mn. Alors que la dose faible (0,4 W/cm²) provoque un effet favorisant, la dose forte (2 W/cm²) par contre entraîne une action inhibitrice. Cet auteur met donc en évidence l'importance de la dose d'ultrasons appliquée aux grains.

A la même époque HASKELL et SELMAN (10) cherchent à améliorer le rendement du blé tendre, grâce à l'action des ultrasons. Ils constatent pour leur part que les ultrasons de la plus grande intensité, pour une fréquence de 1 Mc/s, n'empêchent pas la germination de la graine pourvu que la température à l'intérieur de la graine ne s'élève pas à plus de 50° pendant le traitement. Ils ont fait des essais sur le terrain avec des graines de blé tendre ayant reçu 35 W/cm² pendant 5 et 15 mn, 10 W/cm² pendant 30 mn et ils ont planté en même temps 2 types de témoins : des graines ayant trempé dans l'eau pendant la durée du traitement d'une part à 18°, d'autre part à 50°. Les meilleures germinations ont été obtenues avec les témoins maintenus à 18°. Des études statistiques ont été réalisées sur la précocité, la hauteur et le nombre de feuilles sur la tige principale et ces auteurs n'ont trouvé aucune

différence statistique caractéristique entre les plantes traitées et non traitées.

Contrairement à ces auteurs et en accord avec TOMBERG, MAFFEI et BUOSANTO (15) mettent en évidence 2 types d'action des ultrasons en fonction de la dose. Ils travaillent avec une fréquence de 4 MHz à une température maintenue à 20°, sur des grains d'orge nus sélectionnés. L'action des ultrasons est favorable à la germination si la durée d'exposition est supérieure à 10 mn et inférieure à 30 mn. Dans ce cas les grains non seulement germent plus vite (surtout pour un temps d'exposition égal à 30 mn) mais encore germent tous, alors que les deux témoins ne donnent que 70 à 75 % de germination. Mais si le temps d'exposition est supérieur à 30 mn, le temps nécessaire à la germination augmente considérablement et le pourcentage de germination diminue sensiblement : 50 % pour 45 mn, 10 % pour 1 h. Après 2 h d'irradiation la quasi totalité des grains présentent une inhibition notable et un arrêt évident de l'activité germinative.

Quelques années plus tard GORIA-FAZIO et TRINCHIERI (9) reprennent les travaux sur l'orge, en lui faisant subir différentes doses d'ultrasons. Avec 3 000 kHz, 1,75 W/cm², pendant 10 minutes les grains traités donnent en 4 jours une plante double du témoin alors qu'avec 3 000 kHz, 2,15 W/cm² pendant 10 mn on ne note aucune action. Mais avec 3 000 kHz, 2,25 W/cm² pendant 30 mn il y a une diminution notable de la croissance, qui ne fait que s'accroître dans le temps.

Des résultats analogues ont été obtenus par PONZIO et FIANDRESIO (18).

FINDLEY et CAMPBELL (6) ont étudié une autre céréale : le blé. Pour éliminer des causes d'erreur ils ont utilisé un hybride double résistant à *Helminthosporium turcicum*. La fréquence utilisée est de 40 kc et l'énergie acoustique d'environ 300 W. Les traitements duraient de 1 à 16 minutes. Dans tous les lots les plantes ont montré à peu près le même degré de germination.

VON DER STRATEN (23) retrouve le même phénomène d'action double suivant l'intensité du traitement mais explique l'accélération de la germination par une augmentation de l'absorption de l'eau sous l'effet des ultrasons et note que si le ralentissement de la croissance a bien lieu chez l'orge, on ne le trouve pas sur le blé.

YATOV (26) étudie : le blé, l'orge, le lin et le chanvre et montre que la durée de l'irradiation des graines n'a un effet positif sur l'énergie de la germination que dans certaines limites bien définies. Par exemple, la levée des grains de blé a augmenté de 15 % pour un traitement de 5 mn avec 400 kc, à une température de 28-30° alors que l'irradiation des grains d'orge diminue leur levée. L'orge étant plus sensible il faut utiliser des ultrasons d'une intensité moindre.

Il faut attendre 1967 pour trouver des travaux sur des plantes médicinales. En effet HERMANN et col. (11) ont traité des semences de *Datura Metel* auxquelles ils appliquent différentes intensités pendant des temps allant de 5 à 15 mn. Ils obtiennent une stimulation du développement des jeunes plantules et émettent l'hypothèse d'une augmentation du taux des principes actifs, hypothèse qui reste à vérifier.

A travers les résultats obtenus par les différents chercheurs ayant travaillé sur les graines sèches apparaissent déjà différents points importants. Le choix du matériel botanique est délicat : les auteurs pré-

fèrent, en général, employer des races pures ou, s'ils choisissent un hybride c'est dans le but de profiter d'une résistance particulière de celui-ci à des agents extérieurs qui pourraient fausser les résultats. D'autre parts certaines espèces sont beaucoup plus sensibles que d'autres.

Les conditions opératoires variées dénotent un certain empirisme quant à leur choix, ce qui prouve que l'on ne sait pas encore, malgré le grand nombre d'expériences réalisées, quelle est la méthode donnant les meilleures conditions expérimentales.

ACTION SUR DES GRAINES PRÉALABLEMENT IMBIBÉES

GLAUSER (8) travaillant sur le Pois a montré que les graines que l'on a préalablement fait tremper sont plus sensibles à l'action des ultrasons. Il démontre qu'après avoir dépassé un certain seuil la croissance est d'abord activée, ensuite inhibée jusqu'à une valeur limite qui dépend de l'intensité.

ATTAULAEV (2) préfère aussi exposer les graines ayant trempé 24 h dans l'eau. Il opère à une fréquence de 1 250 kc/s pendant 1 à 12 mn et obtient dans tous les cas des germinations des graines de melon musqué.

Pour notre part, grâce à l'obligeance de M. le Pr COLLET, nous avons pu faire quelques essais sur des graines de Radis et de différentes plantes médicinales, dont le *Datura stramonium* et le *Datura tatula*. Nous avons obtenu de meilleurs résultats avec les graines préalablement trempées qu'avec les graines sèches. Les graines de *Datura* irradiées pendant 1 ou 2 mn (500 kHz, 150 mn, 28-32°) donnèrent un pourcentage de germination supérieur (77 %) à celui du témoin (55 %) après une semaine, alors que les graines traitées pendant 5 minutes avaient le même pourcentage de germination que les témoins et que, celles traitées pendant 10, 30 et 60 mn avaient des pourcentages de germination nettement inférieurs.

Ce deuxième type d'expériences confirme un fait qui apparaissait déjà dans le paragraphe précédent : il existe un seuil d'action et après avoir passé ce seuil, en augmentant régulièrement l'intensité des ultrasons, on note successivement une activation, une action nulle, un ralentissement pour aboutir à une inhibition totale du pouvoir germinatif des graines.

ACTION SUR DES GRAINES GERMÉES

MARTINEC (16) travaille sur des graines de millet ayant germé depuis 24, 48 et 96 h. Il les traite suivant la technique déjà décrite pour les graines sèches. Les graines germées apparaissent immédiatement plus sensibles que les graines sèches. Les germinations datant de 48 h donnent les résultats les plus marqués. Un maximum de croissance apparaît après 2 h et un minimum après 4 h d'ultrasonisation constante. Sur des germinations de 96 h les ultrasons ont une influence néfaste.

LOZA (14) étudie l'influence des ultrasons sur la croissance de jeunes racines de Pois. A 0,8 A la pression de radiation fait apparaître à la surface de l'eau du cristalliseur posé sur la tête émettrice un jet de 5 à 6 cm de hauteur. Quand on place l'extrémité d'une racine de pois, au 3^e jour de la germination, sur le trajet du faisceau ultrasonore, on note d'abord un abaissement sensible de la hauteur de ce jet. A mesure que l'irradiation se poursuit cette hauteur augmente pour atteindre la

valeur qu'elle avait avant l'interposition de la racine. Le faisceau passe librement, comme si l'obstacle créé par la racine avait été supprimé. La zone irradiée est devenue translucide. Cependant le cylindre central n'est jamais complètement détruit et la région de la coiffe offre une résistance particulière et garde son opacité complète. L'examen histologique des racines irradiées montre que les cellules de la zone translucide ont subi un bouleversement : pycnose des noyaux, vacuolisation du cytoplasme, rupture des membranes. Ces atteintes de la structure cellulaire ont été confirmées par les travaux de KISHIMOTO (12) sur les cellules d'oignon.

TOMBERG (22) prouve que le traitement des plantules détermine une action inhibitrice sur la croissance.

MAFFEI et BUONSANTO (15) traitent des semences d'orge ayant germé depuis 6 jours. Pour des temps d'irradiation allant de 10 mn à 30 mn l'action est stimulante sur la croissance. A partir de 45 mn d'irradiation se manifeste l'action inhibitrice, 2 h d'exposition constituant la dose létale.

GLAUSER (8) traite à l'aide d'un dispositif spécial seulement les racines de jeunes pois et constate dans ce cas des effets inférieurs à ceux obtenus par traitement de la graine entière. Des coupes histologiques de ces racines irradiées montrent une détérioration partielle des cellules.

ANGERER et BARTH (1) font germer des pois pendant 24 h dans l'eau puis 48 h dans la cellulose humide afin d'obtenir des germes de 15 mm qu'ils séparent en 2 lots. Le premier lot est traité dans les ventres et le deuxième dans les nœuds d'ondes stationnaires ultrasonores produites par un émetteur de 80 kHz. L'intensité est de 1,2 à 2,5 W/cm² et la durée du traitement est de 5 mn. Ils notent un accroissement de la croissance significatif pour les germes traités aux nœuds et un ralentissement pour les germes traités dans les ventres.

Les traitements de graines ayant déjà germé ne donnent pas des résultats très différents de ceux effectués sur des graines non germées. Comme ils posent des problèmes quelquefois délicats pour leur réalisation, ces traitements ne paraissent pas devoir être retenus à l'avenir.

Cette technique a cependant permis de montrer l'action directe des ultrasons sur la structure des cellules des jeunes tissus.

ACTION DES ULTRASONS DANS LE TEMPS

GORIA-FAZIO et TRINCHIERI (9) constatent que des jacinthes traitées avec des doses excitantes (1 000 kHz, 1,25 W/cm², 10 mn) non seulement se développent rapidement mais encore se mettent à fleurir après 8 jours, alors que les témoins ont mis 12 jours pour fleurir. Si ces jacinthes sont traitées par des doses perturbantes d'ultrasons (1 000 kHz, 2,5 W/cm², 30 mn) il n'y a pas de ralentissement notable de la croissance mais il n'y a aucune floraison.

FINDLEY et CAMPBELL (6) ont poussé leur expérience sur des graines sèches jusqu'à floraison et n'ont constaté aucune différence quant à l'époque de l'émission du pollen entre les graines traitées aux différentes doses et les témoins. De plus, bien que le rendement des grains traités pendant 4 mn à 400 kc ait été notablement plus élevé (5 %) que celui des grains ayant subi un traitement de 8 ou 16 mn, le rendement d'aucun des lots traités ne diffère de façon significative de celui des témoins.

Pour sa part Yarov (26) montre que les plantes issues des graines irradiées par les ultrasons dépassent en hauteur les témoins de 4 à 6 cm, les plus hautes étant issues de graines ayant subi un traitement de 5 mn. De plus l'irradiation par les ultrasons augmente la récolte des tiges de 56 à 57 % et le début de la formation de boutons dans l'essai de végétation a été observé 2 jours plus tôt chez les plantes issues de graines irradiées pendant 4 mn que chez les témoins. Mais la maturation des graines s'est produite presque en même temps chez toutes les plantes.

Nos essais sur le Radis dit « Radis de 18 jours » ont été réalisés à 500 kHz, sous une intensité de 150 mA. Les radis irradiés, sans trempe préalable, ont été plantés dans des terrines et au moment normal de la récolte nous avons déterré les différents lots et les témoins. Les lots qui avaient été irradiés pendant 1 et 2 mn présentent une partie aérienne plus développée que le témoin, mais la partie souterraine est nettement plus faible et moins développée. Pour un traitement de 30 mn on obtient des plantes, qui aussi bien dans leur partie aérienne que souterraine, sont à peu près identiques aux témoins. A partir de 60 mn de traitement les plantes récoltées sont nettement plus petites que les témoins. Avec une irradiation de 90 mn on obtient quelques déformations du limbe foliaire et le pourcentage des plantes ayant survécu est faible. Il est encore plus réduit dans le lot ayant subi 120 mn de traitement. De plus, dans ce lot, les limbes foliaires sont crispés et la partie souterraine ne donne plus aucun signe d'accumulation des réserves (photos).

Il semble donc que lorsque les ultrasons ont une action bénéfique sur la germination, cette action s'atténue dans le temps et que les résultats obtenus à ce jour ne permettent pas d'envisager une application pratique de ce traitement.

ACTION SUR LA BIOCHIMIE

Rappelons avec ELPINER (5) que dans le champ des ultrasons se réalisent presque toutes les réactions chimiques : oxydation, réduction, polymérisation, dépolymérisation, etc. Les ondes ultrasonores ont un effet sur les complexes biomacrosopiques ce qui est en rapport avec la modification de l'état fonctionnel des cellules végétales sonorisées. Ce qui explique les phénomènes destructifs de l'activité vitale ou au contraire stimulants de cette activité, suivant les paramètres des ultrasons utilisés et les objets biologiques sonorisés. Cette modification profonde avait déjà été soupçonnée par BUSNEL et BOLENSKY (4).

D'après ELPINER il semble que dans le champ des ondes ultrasonores, il se produit un relâchement des structures submicroscopiques des enveloppes du germe, ce qui favorise non seulement le processus du gonflement mis en évidence par VON DER STRATEN (23), mais facilite aussi l'interaction de ces structures avec l'oxygène de l'air. Les ultrasons ont pour effet direct d'augmenter l'activité des ferments. Ainsi par exemple ISTOMINA et OSTROVSKY (12) ont remarqué une augmentation de l'activité de la peroxydase dans les plants sonorisés de pomme de terre, RUBAN et DOLGOPOLOV (20) ont montré une augmentation importante de l'activité de la diastase dans les germes sonorisés de l'orge et du blé.

BRONSKY (3) démontre enfin que les écarts dans l'activité métabolique se produisent, non seulement par action directe des ultrasons sur les cellules végétales, mais que ces actions se manifestent aussi dans le processus ultérieur des graines sonorisées. Cet auteur étudie par spectrographie l'activité de la lipoxydase extraite des graines de maïs sonorisées et non sonorisées, à différentes périodes de leur germination. Dans le cas de graines sonorisées l'activité de la lipoxydase augmente beaucoup plus vite mais dure beaucoup moins longtemps que dans le cas des témoins.

YATOV (26) montre que l'intensité du pouvoir respiratoire des graines irradiées est supérieure à celle des témoins. Ce qui prouve que dans les semences irradiées les processus biochimiques et physiologiques se déroulent plus activement. Ce qui conduit à l'augmentation des qualités germinatives, favorise la croissance et le développement des plantes.

Il ne fait aucun doute que les ultrasons ont une action sur la biochimie des cellules traitées. Les auteurs sont d'accord pour constater que les graines irradiées absorbent plus d'eau et attribuent cette modification à un bouleversement de la structure des cellules. Mais le bouleversement est encore plus profond puisqu'il atteint la structure même des molécules.

ACTION SUR LA GÉNÉTIQUE

Ce problème a été particulièrement étudié par WALLACE, BUSHNELL et NEWCOMER (25), qui, après avoir traité des graines d'*Helianthus* ont obtenu des plantes présentant des variations phénotypiques : hypertrophie, épaississement, rugosité des feuilles, qui rappellent l'action de la colchicine. L'examen cytologique des racines montre des ruptures fréquentes des chromosomes, la présence de noyaux interphase étendus dans la longueur de la cellule et en spirale ; et quelquefois on constate la destruction de la membrane nucléaire. Mais ces atteintes guérissent sauf si les tissus ont subi une trop longue exposition.

WALLACE et BUSHNELL (24) ont d'autre part obtenu de nombreux phénotypes à partir de graines irradiées de : *Helianthus*, *Pisum*, *Phaseolus*, *Ipomea*.

Il semble donc incontestable que les ultrasons peuvent provoquer l'apparition de variations phénotypiques, mais il reste à prouver si ces variations peuvent être considérées comme des mutations.

ACTION DES ULTRASONS ASSOCIÉS A DIFFÉRENTES SUBSTANCES

Les travaux les plus intéressants dans ce domaine ont été réalisés par VON DER STRATEN (23) qui a d'abord étudié l'action simultanée des ultrasons et de substances de croissance (acide β indolylacétique). L'addition de substances de croissance au liquide d'expérience renforce l'action des ultrasons. Suivant la concentration en substance de croissance et la durée de l'expérience, il apparaît dans les jours qui suivent, une stimulation plus ou moins forte ou une inhibition de la rapidité de la germination. La progression du développement est suivie par la croissance des racines.

HERMANN et col. (11) ont aussi étudié l'action de l'hétérauxine associée aux ultrasons et déclarent qu'une stimulation plus accentuée suit l'irradiation.

VON DER STRATEN (23) pousse plus loin ses investigations et essaie l'action d'une substance corrosive, le « Ceresan », sur des semences monogermes de betterave sucrière, mais constate que la vitesse de germination ne diminue qu'après une ultrasonation de 45 mn dans une solution à 0,5 %. (Dans ce cas, il apparaît des racines anormales).

D'autre part VON DER STRATEN prouve l'action pénétrante des ultrasons à l'aide de la Streptomycine dont il démontre ensuite la présence par l'apparition de zones d'inhibition sur des milieux de cultureensemencés de *Bacillus subtilis*. De plus il constate que les antibiotiques renforcent l'action des ultrasons sur la germination, exactement comme les substances de croissance.

Les ultrasons, par leur action sur le pouvoir d'absorption de la graine, présentent un intérêt certain car ils facilitent l'action de substances mises en solution dans le liquide d'expérience en augmentant le taux de pénétration de ces substances.

CONCLUSION

Tous les auteurs sont d'accord pour reconnaître que les ultrasons ont une action sur les graines, même si les effets qu'ils constatent sont apparemment contradictoires. Il est incontestable que le premier effet visible de cette action est un gonflement de la graine dû à une augmentation de l'absorption de l'eau.

Pendant un autre effet initial a été reconnu après examen cytologique : les ultrasons provoquent des modifications chromosomiques qui peuvent être suivies, dans certains cas, de modifications phénotypiques.

Si la plupart des auteurs sont d'accord pour reconnaître l'existence d'un seuil d'activité, d'une dose stimulante, d'une dose inhibitrice et enfin une dose létale, leurs conclusions sont très différentes. Pour les uns les ultrasons ont une action bénéfique que l'on peut exploiter de façon pratique en agriculture : c'est le cas surtout des auteurs russes dont les méthodes sont mal connues. Pour les autres les ultrasons ont une action brève, qui ne permet pas d'applications pratiques : c'est le cas surtout des auteurs français, italiens et américains. Il semble que les doses d'ultrasons bénéfiques pour certaines plantes sont nocives pour d'autres espèces, souvent voisines des premières.

Le problème le plus difficile à résoudre dans le cas des travaux sur les ultrasons, semble être la méthode expérimentale. En effet de nombreux facteurs doivent être envisagés : énergie acoustique émise par l'appareil, alors que bien souvent les fabricants n'indiquent que l'énergie électrique, refroidissement du bain de traitement, choix du matériel botanique, choix de l'intensité ultrasonore, de la durée du traitement, etc.

L'action des ultrasons sur les plantes constitue un vaste domaine de recherches encore peu étudié et les travaux déjà réalisés permettent d'émettre des hypothèses qu'il serait intéressant de pouvoir vérifier, en particulier dans le cas des plantes médicinales : accélération de la germination, de la maturation et augmentation du taux de principe actif.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANGERER et BARTH. Strahlentherapie. 1950, 93, 473-77.
2. ATTAULLAEV. Tr. Uzbek. Nauch. Issled Ovoshchbakhch Kult' Kartofelya 1965, n° 4, 231-240.
3. BRONSKY (L.U.). — Electrotech. dans la biologie et la médecine. Edit. de l'Inst. des Inform. Techniques. 1963.
4. BUSNEL (R.G.) et OBOLENSKY (G.). — C.R. Acad. Sci. 1954, 239, 777-778.
5. ELPINER (I.E.). — Moskva Izdat Nauka. 1964, 179-85.
6. FINDLEZ (R.W.), CAMPBELL (E.L.) — Agr. Jour., 1953, 45, 357-358.
7. GHISLENI (P.L.). — Nuovo G. Bot. Ital., 1955, 62, 549-551.
8. GLAUSER (O.). — Strahlentherapie, 1951, 85, 494-508.
9. GORIA-FAZIO (M.G.), TRINCHIERI (P.). — Radioterapia-Radiobiol. Fis. Med. 1953, 8, n° 4, 279-288.
10. HASKELL (G.), SELMAN (G.G.). — Plant and Soil, 1950, 2, 359-373.
11. HERMANN (G.) et col. Bull. Soc. Pharm. Lyon, 1967, n° 1, 22-26.
12. ISTOMINA (O.), OSTROVSKY (E.). — C. R. Moscou 1936, 2, 155-160.
13. KISHIMOTO (T.). — Cytologia, 1960, 25, 419-425.
14. LOZA (J.). — C.R. Acad. Sci. Fr., 1949, 228, n° 7, 595-596.
15. MAFFEI (F.), BUOSANTO (M.). — Boll. Soc. Ital. Biol. Sperim. 1950, 26, 1519-21 et 1667-9.
16. MARTINEC (T.). — Planta. Arch. für Wissenschaftliche Botanik), 1943, 33, 546-557.
17. OBOLENSKY (G.). — Biol. Plantarum, 1960, 2, 227-239.
18. PONZIO (M.), FIANDESIO (D.). — Electronica, 1955, 4, 1-2.
19. PRUDHOMME. — Actions physicochimiques des ultrasons.
20. RUBAN (E.L.), DOLGOPOLOV (N.N.). — Com. Acad. Sci. U.R.S.S., 1952, 84, 623.
21. TIMONIN (M.T.). — Canad. J. Bot. 1966, 44, n° 1, 113-115.
22. TOMBERG (V.). — Arch. Intern. Physiol., 1950, 58, (2), 205-211.
23. VON DER STRATEN (I.). — Beitr. Biol. Pflanzen, 1958, 34, 315-358.
24. WALLACE (R.H.), BUSHNELL (R.S.). — Amer. J. of Botany, 1948, 35, n° 10, 813.
25. WALLACE (R.H.), BUSHNELL (R.S.), NEWCOMER (E.H.). — Science, 1948, 107, 577.
26. YATOV (A.I.). — Moskva Izdat. Nauka, 1964, 185-188.

BIBLIOGRAPHIE

Marcel LOCQUIN. — *Mycotaxia* 1967, *Boletaceae europaei*. Une pochette de cartes perforées, chez l'auteur, 10, rue Talma, Paris (XVI°).

On connaît le principe des clefs dichotomiques. Elles proposent à celui qui veut déterminer une espèce, une série d'options successives : par ex., en mycologie. « pied fibrilleux ou pied glabre ». « chair noircissant ou chair immuable », etc. Chaque option élimine un contingent de possibilités, c'est-à-dire un lot d'espèces. Le dernier choix conduit à un nom qui est le bon. En théorie !

Les esprits critiques reprochent, en effet, aux clefs de toujours conduire à un nom... quitte à ce qu'il soit faux !

Ceci, soit parce que l'option ne portait pas sur une opposition de caractères suffisamment nette, d'où choix erroné possible (chapeau « déprimé » ou chapeau « ombiliqué »...), soit parce que l'espèce ne se trouve pas dans la clef (en mycologie, ce n'est pas exceptionnel, compte tenu de la multiplication des espèces due à la conception toujours plus étroite que l'on a de l'entité spécifique), soit encore parce que la clef a été imparfaitement construite (et il faut avoir tenté d'en bâtir une soi-même pour savoir combien c'est là chose délicate), soit enfin parce que le spécimen que l'on a en main n'a pas les caractères habituels, normaux, de l'espèce et Dieu sait si les champignons sont coutumiers du fait !

Pour ces raisons, il est d'ailleurs de prudence classique de s'assurer qu'on n'a pas commis une erreur d'aiguillage en cours de route et de se reporter à la description de l'espèce à laquelle on a abouti.

Néanmoins et en dépit de ses aléas, en dépit de sa rigidité, de son manque de souplesse, la méthode des clefs rend des services immenses en épargnant la lecture à la file de dizaines et de dizaines de descriptions détaillées.